M. Iordache
V. Iordache
P. Ene

Construcția și exploatarea instalațiilor de iluminat public

88

colecția electricianului



editura tehnică

Ing. Mihaela Iordache, Ing. Vasile Iordache, Petre Ene

Construcția și exploatarea instalațiilor de iluminat public

88



Editura tehnică
București — 1977

Lucrarea începe cu prezentarea generalităților privind iluminatul public urmate de o parte teoretică succintă, cuprinzînd trecerea în revistă a noțiunilor și mărimilor caracteristice utilizate în teoria iluminatului. În continuare, se descriu pe larg sursele luminoase folosite în instalațiile electrice pentru iluminat public, prezentîndu-se diverse tipuri cu indicarea modului de funcționare, a caracteristicilor tehnice și a categoriei de instalații în care este recomandată folosirea lor. Sînt prezentate detaliat tipurile de corpuri de iluminat public, cu precizarea performanțelor tehnice și a modului de montare. Sînt descrise de asemenea, sistemele de realizare constructivă a rețelei de iluminat public, prezentîndu-se criteriile ce stau la baza alegerii variantei constructive, optime, precum și modul de realizare a alimentărilor cu energie electrică. Sistemele de comandă și schemele de automatizare utilizate pentru aprinderea și stingerea parțială sau totală a iluminatului formează obiectul unui capitol special al lucrării. O atenție deosebită este acordată problemelor privind lucrările ce se execută în instalațiile de iluminat public: lucrările de întreținere, revizie, reparații. În ultimul capitol al lucrării se prezintă măsurile de protecția muncii specifice instalațiilor de iluminat public.

Lucrarea se adresează electricienilor și maiștrilor din cadrul întreprinderilor de rețele electrice și întreprinderilor industriale care execută sau exploatează instalații de iluminat public.

Control științific: ing. ION ȘTIRBULESCU
Redactor: ing. IOAN GANEA
Tehnoredactor: MARIA TRĂSNEA
Coperta: VALENTIN VIȘAN

Bun de tipar: 13.09.1977. Coli de tipar: 8,75. Tiraj: 10 700+65 ex. broșate. C.Z. 628.971:621.32.

Tiparul executat sub comanda nr. 285,
la Întreprinderea poligrafică „Crișana", Oradea.
str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România



1. Introducere

În condițiile economiei moderne, energia electrică reprezintă un factor de primă importanță.

Asigurarea progresului neîntrerupt la nivelul tehnicii actuale al economiei naționale, ridicarea nivelului de trai și de cultură al populației necesită dezvoltarea puternică a bazei energetice primare de combustibili și a industriei energetice, în avans față de alte ramuri industriale.

Pornind de la aceste considerente, în opera de edificare economică a țării noastre s-a acordat o atenție deosebită dezvoltării unei energetici care să asigure satisfacerea necesităților mereu crescînde de energie electrică.

Dezvoltarea impetuoasă a construcției de obiective industriale și social-culturale, paralel cu modernizarea orașelor ridică probleme tot mai complexe legate de tehnica iluminării acestora. Totodată, dezvoltarea industriei producătoare de echipament pentru iluminat permite adoptarea de către proiectanți și constructori a unor soluții moderne, în pas cu cerințele actuale.

Prin *iluminat general* se înțelege iluminatul unui spațiu fără a se impune condiții speciale în diferite puncte bine determinate ale acestuia.

Iluminatul în exteriorul clădirilor, care are drept scop asigurarea iluminatului necesar pentru desfășurarea diverselor activități constituie *iluminatul exterior*. Din această categorie fac parte, de exemplu, iluminatul public, iluminatul parcurilor și zonelor verzi, iluminatul fațadelor clădirilor, a terenurilor de sport, reclamele luminoase, iluminatul porturilor și aeroporturilor, iluminatul spațiilor de lucru exterioare etc.

Iluminatul public se referă la iluminatul căilor de circulaţie publice, cum ar fi: artere, trotuare, treceri pentru pietoni, pieţe, intersecţii, spaţii de parcare.

Tendinţa actuală în tehnica iluminatului electric este să se asigure folosirea raţională a energiei electrice, să se acţioneze pe toate căile cu fermitate împotriva risipei, prin adoptarea unor nivele de iluminare şi de luminanţă corespunzător alese, a unor soluţii de realizare justificate din punct de vedere tehnico-economic precum şi prin asigurarea unei exploatări şi a unei întreţineri corecte şi competente.

Prezenta lucrare se adresează în special personalului de exploatare şi întreţinere din întreprinderile de reţele electrice, putînd fi utilă şi celor care au în exploatare instalaţii de iluminat exterior.

2. Mărimi fotometrice şi unităţi de măsură

Unul din elementele de bază în definirea mărimilor fotometrice este *fluxul energetic* (Φ_e) sau puterea radiantă, care reprezintă puterea emisă, transportată sau primită sub formă de radiaţie (undă electromagnetică).

Radiaţiile care cuprind numai oscilaţii cu o singură lungime de undă se numesc *radiaţii monocromatice*. Radiaţia compusă din mai multe radiaţii monocromatice este definită ca *radiaţie complexă*.

Radiaţiile cunoscute au lungimi de undă cuprinse între 10^{-4} şi 10^{7} m. Radiaţiile vizibile (lumina) sînt radiaţiile capabile să producă în mod direct o senzaţie vizuală şi au lungimi de undă cuprinse între 380 şi 780 nm (1 nm$=10^{-9}$ m).

Distribuţia spaţială, în ordinea lungimilor de undă, care rezultă prin separarea componentelor monocromatice ale unei radiaţii complexe, poartă denumirea de *spectru* al radiaţiei.

În interiorul spectrului vizibil, fiecărei lungimi de undă îi corespunde o anumită culoare.

Senzația luminoasă este percepută prin intermediul ochiului. Deoarece senzația luminoasă la o aceeași putere a radiației este diferită la diferite lungimi de undă, se introduce o mărime numită *flux luminos* (Φ), care evaluează puterea radiației după senzația luminoasă pe care o produce.

2.1. Fluxul luminos

Factorul de proporționalitate între mărimea senzației luminoase și mărimea excitației, deci a energiei radiației, depinde de lungimea de undă a radiației și se numește *vizibilitate* sau *sensibilitate*.

Pentru un ochi normal, sensibilitatea maximă are loc la o radiație cu lungimea de undă de 550 nm.

Raportul dintre fluxul energetic de lungime de undă de 550 nm și fluxul energetic necesar pentru a obține aceeași senzație luminoasă la lungimea de undă λ se numește *eficacitate luminoasă relativă spectrală* (V_λ).

Ținînd seama de cele expuse, fluxul luminos se definește conform STAS 2849/1-73 ca fiind o mărime derivată din fluxul energetic prin evaluarea radiației după acțiunea sa asupra unui receptor selectiv, a cărui sensibilitate spectrală este definită prin eficacitățile luminoase relative spectrale normalizate,

$$\Phi = K \int_{380\ \text{nm}}^{780\ \text{nm}} V_\lambda \cdot \Phi_e \cdot d\lambda. \qquad (2.1)$$

Fluxul luminos se măsoară în *lumen* (lm), care face parte din categoria unităților de măsură derivate ale Sistemului Internațional de unități (SI).

Raportul dintre fluxul luminos emis de o sursă și puterea consumată reprezintă *eficacitatea luminoasă* (η) a unei surse de lumină, care se măsoară în lumen pe watt (lm/W),

$$\eta = \frac{\Phi}{P}. \qquad (2.2)$$

Produsul între fluxul luminos şi durata acestuia se numeşte *cantitate de lumină* (Q) sau energie luminoasă şi se măsoară în lumen-secundă (lm.s).

$$Q=\int \Phi dt. \qquad (2.3)$$

2.2. Intensitatea luminoasă

Intensitatea luminoasă (I) a unei surse de lumină, într-o anumită direcţie este dată de raportul dintre fluxul luminos (Φ) care părăseşte sursa şi elementul de unghi solid (Ω) prin care se propagă fluxul luminos respectiv.

$$I=\frac{d\Phi}{d\Omega}. \qquad (2.4)$$

În general sursele luminoase sînt neuniforme, întrucît intensitatea lor luminoasă variază în funcţie de direcţia în spaţiu.

Valoarea medie a intensităţii luminoase a sursei în toate direcţiile se numeşte *intensitate luminoasă sferică medie* (I_{sm}).

$$I_{sm}=\frac{\Phi_{total}}{4\pi}. \qquad (2.5)$$

Unitatea de măsură pentru intensitatea luminoasă este *candela* (cd) şi face parte din categoria unităţilor de măsură fundamentale SI.

Curba care uneşte punctele reprezentative ale direcţiilor în care intensitatea luminoasă a unei lămpi sau a unui corp de iluminat este aceeaşi se numeşte *curbă de egală intensitate luminoasă* (curbă izocandelă). Reţeaua de curbe de egală intensitate luminoasă constituie o *diagramă izocandelă*.

2.3. Luminanţa

Raportul între fluxul luminos elementar ($d\Phi$) care părăseşte, atinge sau traversează un element al suprafeţei (dA) în punctul considerat, propagîndu-se în direcţiile

definite de un con elementar care conţine direcţia dată şi produsul dintre unghiul solid al conului ($d\Omega$) şi aria proiecţiei ortogonale a elementului de suprafaţă pe un plan perpendicular la direcţia dată se numeşte *luminanţă* (L).

Această mărime poate fi calculată într-o direcţie, într-un punct al suprafeţei unei surse ori al unui receptor de lumină sau într-un punct de pe traiectoria unui fascicul de lumină,

$$L=\frac{d^2\Phi}{d\,\Omega\cdot dA\cdot\cos\theta}, \qquad (2.6)$$

unde θ este unghiul format de direcţia dată cu normala la suprafaţa dA.

Ca unitate de măsură derivată SI pentru luminanţă se foloseşte *candela pe metru pătrat* (cd/m^2).

Locul geometric al punctelor unei suprafeţe în care luminanţa are aceeaşi valoare pentru o poziţie determinată a sursei şi a observatorului în raport cu suprafaţa se numeşte *curbă de egală luminanţă.*

2.4. Iluminarea

Raportul între fluxul luminos ($d\Phi$) primit de un element al suprafeţei care conţine punctul şi aria elementului de suprafaţă (dA) reprezintă *iluminarea* (E) suprafeţei în acel punct,

$$E=\frac{d\Phi}{dA}. \qquad (2.7)$$

Unitatea de măsură derivată folosită în cadrul Sistemului Internaţional de unităţi se numeşte *lux* (lx).

Produsul dintre iluminare şi durata acesteia se numeşte *expunere luminoasă* (H) şi se măsoară în lux — secundă.

$$H=\int E\cdot dt. \qquad (2.8)$$

Locul geometric al punctelor unei suprafeţe în care iluminarea are aceeaşi valoare poartă numele de *curbă de egală iluminare* (curbă izolux).

2.5. Emitanţa luminoasă

Raportul între fluxul luminos (dΦ) care părăseşte un punct de pe un element de suprafaţă şi suprafaţa respectivă (dA) constituie *emitanţa luminoasă* (M) în punctul respectiv.

$$M = \frac{d\Phi}{dA}. \tag{2.9}$$

Unitatea de măsură SI pentru emitanţă este lm/m^2.

3. Surse de lumină

3.1. Generalităţi

Corpul de pe suprafaţa sau din volumul căruia izvorăsc fascicule divergente de lumină constituie o sursă de lumină.

Sursele de lumină care emit lumina produsă printr-o transformare a energiei poartă denumirea de *surse primare* de lumină, spre deosebire de cele *secundare* care nu emit lumină proprie, ci o primesc şi apoi o restituie, cel puţin parţial, prin reflexie sau prin transmisie.

Lampa este o sursă de lumină construită în scopul producerii luminii.

Sursele de lumină a căror emisie luminoasă se obţine cu ajutorul energiei electrice poartă numele de *surse electrice de lumină*. Majoritatea lămpilor fac parte din această categorie.

Fiecare lampă este caracterizată printr-un ansamblu de proprietăţi fizico-mecanice (proprietăţi energetice, fotometrice, rezistenţă la diferite solicitări mecanice, rezistenţă la umiditate, rezistenţă la agenţi corosivi etc.).

Lămpile diferă între ele, în principal, prin modul în care se produce radiaţia luminoasă. Din acest punct de vedere se pot distinge trei categorii:

— lămpi cu incandescență, în care radiația de lumină este produsă cu ajutorul unui corp (filament) adus la incandescență prin trecerea curentului electric;

— lămpi cu descărcări în gaze, la care lumina este produsă printr-o descărcare electrică într-un gaz, în vapori metalici ori într-un amestec de mai multe gaze și vapori metalici sau printr-o descărcare în arc sau de electrozi;

— lămpi de tipuri sau cu utilizări speciale, în categoria cărora sînt cuprinse lămpile cu filament centrat, lămpile cu reflector, lămpile ornamentale, lămpi foto etc.

În instalațiile electrice pentru iluminat public se folosesc în special lămpi din primele două categorii, ale căror principale caracteristici sînt prezentate în cele ce urmează.

3.2. Lămpi cu incandescență

3.2.1. *Principiul de realizare*

Sursele incandescente de lumină sînt corpuri încălzite la o anumită temperatură, suficient de ridicată, astfel încît să fie radiată în domeniul vizibil o cantitate convenabilă de energie. Toate caracteristicile radiației unui corp incandescent (caracteristici energetice, fotometrice, colorimetrice) sînt determinate de temperatura corpului incandescent.

La lămpile electrice cu incandescență, emisia luminoasă se produce prin încălzirea unui filament de wolfram, prin trecerea unui curent electric, pînă la o temperatură aflată în intervalul 2 000—3 000 C.

Wolframul încălzit fiind foarte oxidabil, în interiorul lămpii trebuie să fie un vid înaintat sau, în unele cazuri, se introduce un gaz inert.

În tabelul 3.1 sînt indicate valorile fluxului luminos pentru care sînt construite lămpile cu incandescență în România, conform STAS 6115-71.

Tabelul 3.1

Fluxul luminos al lămpilor cu incandescenţă pentru iluminat general cu filament de wolfram

Puterea nominală W	Tensiunea nominală V							
	110	115	120	127	130	220	225	230
	Flux luminos normal (*N*), lm							
25	225	225	220	220	215	220	220	220
40	445	440	435	425	420	350	350	345
60	770	760	760	750	740	630	630	620
75	1 020	1 010	1 000	980	970	850	850	840
100	1 420	1 420	1 400	1 380	1 380	1 250	1 250	1 240
150	2 360	2 340	2 320	2 300	2 280	2 090	2 090	2 070
200	3 250	3 250	3 250	3 200	3 200	2 920	2 920	2 900
300	5 050	5 000	5 000	4 950	4 900	4 610	4 610	4 580
500	8 900	8 900	8 800	8 800	8 700	8 300	8 300	8 250
1 000	19 000	19 000	18 800	18 800	18 600	18 600	18 600	18 500
1 500	30 000	30 000	30 000	29 600	29 600	29 000	29 000	28 800
	Flux luminos mărit (*M*), lm							
25	265	265	265	260	260	230	230	230
40	500	500	495	490	485	415	415	415
60	840	840	830	820	830	715	715	710
75	1 100	1 090	1 080	1 070	1 080	950	950	940
100	1 580	1 580	1 560	1 560	1 540	1 350	1 350	1 340

3.2.2. *Caracteristici ale lămpilor cu incandescenţă*

Eficacitatea luminoasă este destul de redusă, fiind cuprinsă între 8 lm/W şi 20 lm/W. Aceasta se datoreşte randamentului scăzut al lămpilor cu incandescenţă manifestat prin faptul că numai o mică parte din energia absorbită (7—13%, în funcţie de tipul lămpii) este radiată în spectrul vizibil. Restul energiei corespunde radiaţiilor invizibile (68—86%) şi pierderilor termice (7—22%).

Eficacitatea luminoasă a unei lămpi cu incandescenţă este proporţională cu puterea a cincea a temperaturii fi-

lamentului. Este deci important ca filamentul să fie încălzit la o temperatură cît mai ridicată, ceea ce este în avantajul culorii, care odată cu creşterea temperaturii, trece dinspre gălbui spre alb.

Culoarea luminii nu poate fi însă decît în mică măsură influenţată prin modificarea temperaturii filamentului, ea rămînînd totuşi mai mult gălbuie.

Eficacitatea luminoasă creşte odată cu curentul, deci creşte cu puterea lămpii şi scade odată cu creşterea tensiunii nominale. Astfel, eficacitatea luminoasă a unei lămpi cu tensiunea nominală de 220 V reprezintă 80—95% din eficacitatea luminoasă a unei lămpi de aceeaşi putere, avînd tensiunea nominală de 120 V.

Luminanţa lămpilor cu incandescenţă este foarte mare, din cauza dimensiunilor reduse ale filamentelor. Luminanţa filamentului ($2 \cdot 10^6$—$12 \cdot 10^6$ cd/m^2) poate produce fenomenul de orbire temporară prin care se înţelege formarea imaginii pe retină a punctului de luminanţă foarte mare, ceea ce împiedică formarea imaginilor corpurilor din cîmpul vizual.

Pentru reducerea luminanţei se fabrică baloane mate, opale sau opalizate.

Balon mat este balonul care difuzează lumina datorită rugozităţii peretelui său interior sau exterior. Balonul realizat dintr-o substanţă care difuzează lumina în toată grosimea sa sau numai într-o porţiune a acesteia se numeşte *balon opal*.

Balonul opalizat se caracterizează prin aceea că are suprafaţa interioară acoperită cu un strat subţire de substanţă difuzantă, de exemplu vopsea albă.

Prin folosirea baloanelor mate, eficacitatea luminoasă se reduce însă cu 2—3%, iar în cazul folosirii baloanelor opalizate cu 15—20%.

Spectrul luminos este continuu, cu un conţinut ridicat de roşu. Aceasta permite o folosire satisfăcătoare a acestor lămpi pentru redarea culorilor în anumite situaţii, cum ar fi de exemplu, cazurile în care este necesar să se pună în evidenţă culorile „calde" sau cînd nu există exigenţe deosebite în ceea ce priveşte gradarea nuanţelor.

Fluxul radiant al lămpilor cu incandescență este bogat în radiații infraroșii și foarte limitat în radiații ultraviolete.

Temperatura balonului este ridicată (100—150°C).

Conectarea la rețea. Lămpile cu incandescență pot fi conectate direct la rețeaua de alimentare, fără intermediul unor aparate auxiliare.

Durata de funcționare a lămpilor normale este redusă (1 000 h) și reprezintă durata economică, adică durata pentru care, în anumite condiții date (costul de înlocuire a lămpii, costul energiei electrice etc.) lampa furnizează cantitatea de lumină la un preț unitar minim.

În tabelul 3.2 este prezentată variația caracteristicilor lămpilor incandescente după 1 000 h de funcționare, în procente din valorile inițiale.

Tabelul 3.2

Variația caracteristicilor lămpilor incandescente după 1 000 ore de funcționare în procente din valorile inițiale

Tipul lămpii	Puterea	Fluxul luminos	Eficacitatea luminoasă
cu vid	8%	25%	17%
cu gaz	2%	14%	12%

Caracteristicile funcționale ale lămpii (durata de funcționare, eficacitatea luminoasă, fluxul luminos, puterea) sînt mult influențate de valoarea tensiunii de alimentare.

Dacă tensiunea rețelei crește peste tensiunea nominală, se măresc intensitatea curentului și puterea lămpii. Creșterea intensității curentului duce la mărirea densității de curent și deci a temperaturii filamentului, ceea ce produce o creștere a fluxului luminos. Fluxul luminos crește mai repede decît puterea, astfel că eficacitatea luminoasă a lămpii crește de asemenea cu tensiunea. Ridicarea temperaturii provoacă însă o volatilizare mai intensă a filamentului, deci micșorează durata de funcționare a lămpii.

Cînd tensiunea rețelei scade, curentul și puterea lămpii se micșorează; fluxul luminos și eficacitatea luminoasă

se micşorează, iar durata de funcţionare a lămpii se măreşte.

La variaţii ale tensiunii pînă la ±10% se poate folosi expresia următoare, care arată dependenţa caracteristicilor lămpii de tensiune:

$$\frac{X}{X_0} = \left(\frac{U}{U_0}\right)^m, \quad (3.1)$$

în care:

X şi X_0 reprezintă, respectiv, puterea lămpii, fluxul luminos, eficacitatea luminoasă sau durata de funcţionare;

U şi U_0 — tensiunile care determină regimul de funcţionare a lămpii. Indicele (0) se referă la regimul normal de funcţionare corespunzător tensiunii nominale a lămpii. Valorile exponentului m, stabilite experimental sînt date în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3

Valorile exponentului *m*

Caracteristicile lămpii (X)	Lampă cu vid	Lampă umplută cu gaz
Puterea (P)	1,58	1,54
Fluxul luminos (Φ)	3,51	3,38
Eficacitatea luminoasă (η)	1,93	1,84
Durata de funcţionare (T)	−13,5	−13,1

În fig. 3.1 este ilustrată variaţia caracteristicilor funcţionale ale lămpilor cu incandescenţă în funcţie de variaţia tensiunii de alimentare, conform relaţiei (3.1).

Funcţionarea lămpii nu este influenţată de temperatura mediului ambiant.

3.2.3. *Lămpi cu halogeni*

O categorie specială de lămpi cu incandescenţă o constituie lămpile cu halogeni sau cu *ciclu regenerativ.*

Se realizează lămpi cu halogeni în două variante:
— în balon cilindric din cuarț;
— în balon cu pereți dubli.

În prima variantă, lămpile cu halogeni au filamentul din tungsten sau wolfram, dispus în formă de spirală

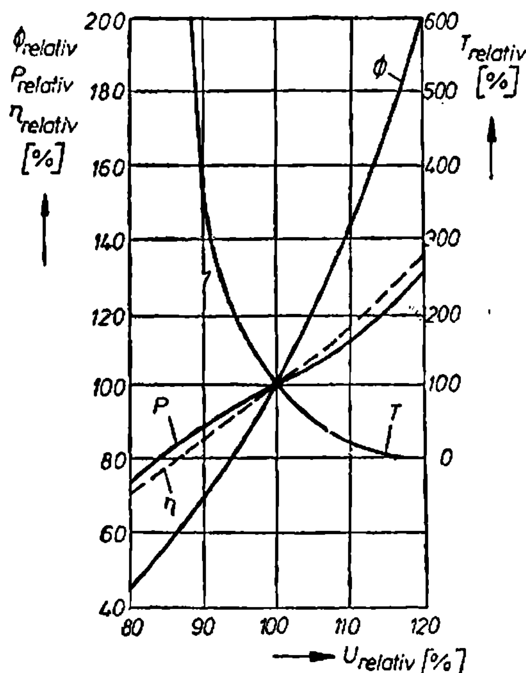


Fig. 3.1. Variația caracteristicilor funcționale ale lămpilor cu incandescență în funcție de tensiunea de alimentare.

după axa cilindrului care este din cuarț. Tubul conține un gaz inert și o anumită cantitate de halogen (fluor, clor, brom sau iod). Vaporii metalici de la suprafața filamentului se combină cu halogenul, dînd naștere unei halogenuri volatile. La temperaturile relativ ridicate din apropierea filamentului halogenura se descompune eliberînd metalul care se depune pe filament, regenerîndu-l iar substanța halogenă rămîne liberă pentru reluarea ciclului.

Aceste lămpi se caracterizează printr-o serie de calități cum ar fi:

Fluxul luminos este practic constant pe perioada întregii funcționări a lămpii, deoarece balonul lămpii este în permanență curat.

Durata de viață în cazuri uzuale este cel puțin de două ori mai mare decît a lămpilor clasice;

Eficacitatea luminoasă a lămpii poate fi în unele condiții cu 30% mai ridicată decît la lămpile clasice cu incandescență.

Utilizarea acestor lămpi cu halogeni este însă ceva mai pretențioasă, necesitînd anumite precauții la montare și în exploatare. Astfel, lămpile cu balon cilindric din cuarț, pot funcționa numai în poziție orizontală, trebuie protejate împotriva răcirilor bruște și excesive, nu pot fi puse în funcțiune cu urme de grăsime sau amprente pe tub deoarece se poate ajunge la o devitrificare a cuarțului și prin urmare la o distrugere a lămpii prin pătrunderea aerului.

Lămpile în balon cu pereți dubli, în afara unor fluxuri luminoase ceva mai mari decît la cele cu cuarț, prezintă și avantajul unei întrețineri ușoare.

Într-adevăr aceste lămpi pot funcționa în orice poziție, iar datorită existenței balonului cu pereți dubli, ele nu mai sînt sensibile la atingere și nici la răcire, devenind practic insensibile la condițiile atmosferice.

3.3. Lămpi cu descărcări în gaze

3.3.1. *Principiu de realizare. Clasificare*

Randamentul scăzut al lămpilor cu incandescență, precum și culoarea radiațiilor diferită de culoarea luminii naturale au determinat căutarea unor noi surse de lumină, care să se bazeze pe alte fenomene de radiație decît cele termice. Astfel, cercetările au fost îndreptate înspre realizarea unor surse de lumină la care producerea radiațiilor luminoase are loc pe baza fenomenului de *lu-*

miniscență. Acesta reprezintă o emisie de radiație electromagnetică care apare la excitarea atomilor unei substanțe cu o energie de o anumită formă, independent de starea termică a corpului care radiază.

În tehnica iluminatului se utilizează în mod curent următoarele feluri de luminiscență:

a) Luminiscența gazelor și a vaporilor metalici, provocată de trecerea curentului electric printr-un gaz sau prin vapori metalici.

b) Luminiscența unor corpuri solide, care poate fi obținută în următoarele moduri:

— prin iradierea cu anumite radiații a unor substanțe speciale numite luminofori sau substanțe fluorescente, care sînt capabile să reemită timp de 10^{-8} — 10^{-7} s sub formă de radiații vizibile energia absorbită; fenomenul poartă numele de *fluorescență;*

— prin excitarea unor substanțe speciale în cîmpuri electrice alternative de joasă frecvență, însă suficient de intense (de ordinul a 10^{-5} V/cm); fenomenul poartă numele de *electroluminiscență*.

Altă categorie de lămpi cu descărcări în gaze se bazează pentru producerea radiațiilor luminoase atît pe *fenomenul de luminiscență* cît și pe *incandescența electrozilor*.

Dacă între doi electrozi aflați într-un gaz oarecare se aplică o tensiune electrică U, ionii pozitivi și negativi aflați în gaz datorită ionizării naturale (sub acțiunea radiațiilor cosmice, a radioactivității Pămîntului etc.) sînt antrenați către electrozii corespunzători (sarcinile pozitive către catod și cele negative către anod).

Deplasarea ordonată a particulelor încărcate constituie un curent electric.

Dacă valoarea intensității cîmpului magnetic nu este prea mare, conductivitatea electrică a gazului rămîne constantă și prin urmare intensitatea curentului I crește liniar cu tensiunea U aplicată între electrozi (fig. 3.2, porțiunea OA).

De la o anumită valoare a tensiunii (U_A), cîmpul electric dintre electrozi poate deveni destul de intens, astfel încît toți ionii formați în unitatea de timp în volumul gazului să fie captați de electrozi, intensitatea curentului ră-

mînînd constantă. Prin bombardarea suprafeței electrozilor cu particule (electroni, respectiv ioni pozitivi, atomi neutri sau protoni) electrozii încep să emită la rîndul lor particule, fenomen care poartă numele de *emisie secundară*. Ca urmare a apariției acestei emisii (*B*), concomi-

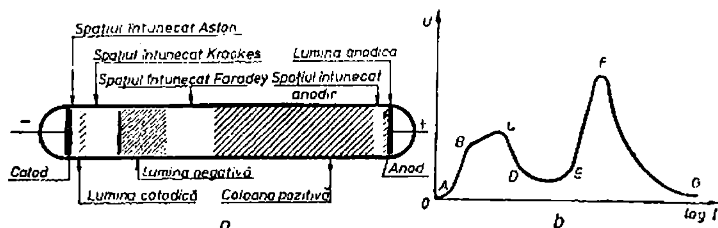


Fig. 3.2. Aspectul general al unei descărcări luminescente:
a — zonele caracteristice ale descărcării; *b* — caracteristicile tensiune-curente.

tent cu creșterea tensiunii crește și curentul. Mărind în continuare tensiunea aplicată între electrozi se ajunge la o anumită valoare, corespunzătoare punctului *C*, de la care creșterea curentului este însoțită de o scădere bruscă a diferenței de potențial dintre electrozi, iar intervalul de descărcare devine luminos. Tensiunea corespunzătoare punctului *C* se numește *potențial de aprindere* (de străpungere sau disruptiv).

Porțiunea *CD* (cu pantă negativă) se numește *descărcare luminiscentă subnormală* și este foarte greu de stabilizat trecîndu-se aproape instantaneu în regimul de *descărcare luminiscentă normală*, reprezentat prin porțiunea *DE* a caracteristicii, în care tensiunea între electrozi rămîne constantă la variația curentului. În descărcarea normală suprafața catodului este numai parțial acoperită de luminiscență, creșterea curentului fiind însoțită de creșterea suprafeței luminoase care acoperă catodul, astfel că densitatea de curent rămîne constantă. În momentul în care luminiscența acoperă întreaga suprafață a catodului, se intră în regimul de *descărcare luminiscentă anormală* (porțiunea *EF*); densitatea de curent nu mai rămîne constantă, ci crește, crescînd totodată și tensiunea dintre electrozi.

Tipul lămpii			Mecanismul descărcării	
Lămpi cu licărire			Descărcare luminescentă	Normală
Tuburi Moore				
Tuburi cu gaze inerte cu sau fără adaos de vapori metalici		Tuburi pentru reclame luminoase. Tuburi fotoluminescente de î.t.		
Lămpi fluorescente			Descărcare în (regim de) arc	
Lămpi cu gaze inerte	Cu adaos de vapori metalici	Lămpi cu vapori de mercur		
		Lămpi cu vapori de sodiu		
		Lămpi speciale		
		Lămpi cu catod lichid		
	Fără adaos de vapori metalici	Lămpi cu xenon		
Lămpi cu arc cu flacără				
Lămpi cu arc cu electrozi de wolfram				
Lămpi cu arc cu electrozi de cărbune				

* 1 torr=133,322 Pa
1 at=$98{,}0665 \cdot 10^3$ Pa

în gaze conform STAS 7290-75 *Tabelul 3.4*

Caracteristicile descărcării				
Presiunea*	Tipul de electrozi	Lumina emisă în descărcare	Natura radiației de lumină	
redusă (1—20 torr)	electrozi reci	Lumina negativă a gazelor și a vaporilor	Radiație prin pură luminescență	
foarte redusă (0,2—0,5 torr)		Lumina coloanei pozitive		
redusă (2—5 torr)				
redusă (2—4 torr)	electrozi calzi			
mare sau foarte mare (3—100 at)				
foarte redusă sau redusă $1 \cdot 10^{-3}$—0,2 torr				
normală (760 torr)				
foarte redusă (10^{-3} torr)				
redusă pînă la foarte mare (80 torr—40 at)				
normală (760 torr)			Radiație prin luminescența coloanei și incandescența catozilor	Prevalează luminescența
redusă (100—200 torr)				Prevalează incandescența
normală (760 torr)				

Prin urmare porţiunea *CDEF* corespunde *descărcării luminiscente* în care caz emisia secundară a catodului este preponderentă emisiei termoelectronice.

Dacă tensiunea şi curentul sînt suficient de mari (punctul *F*), bombardamentul ionic al catodului poate deveni atît de intens încît catodul se încălzeşte pînă la incandescenţă, ceea ce conduce la apariţia unei puternice *emisii termoelectronice* din catod. Se intră astfel într-un regim de tranziţie (*FG*) către o altă formă de descărcare, arcul electric (dincolo de *G*).

Lămpile cu descărcări în gaze se construiesc avînd punctul de funcţionare situat fie în zona descărcării luminiscente fie în cea a descărcării în arc.

În tabelul 3.4 este prezentată clasificarea lămpilor cu descărcări în gaze conform STAS 7290-75.

Procesul de ionizare care are loc în tuburile cu gaz este un proces nestabil, avînd o tendinţă de intensificare permanentă, ceea ce determină o creştere continuă a conductivităţii mediului în interiorul tubului şi a intensităţii curentului prin tub. Pentru a împiedica această creştere a curentului, lămpile cu descărcări sînt prevăzute cu elemente de stabilizare a regimului de funcţionare. Aceste elemente, care poartă numele de *balasturi*, se montează în serie cu tubul şi pot fi rezistenţe, inductanţe, capacităţi, combinaţii ale acestora precum şi transformatoare cu flux magnetic de scăpări. Căderea de tensiune pe balast compensează micşorarea rezistenţei tubului ca urmare a creşterii conductivităţii şi în acest fel se limitează valoarea curentului.

În fig. 3.3 este reprezentată schema de stabilizare a unei descărcări în gaze, în cazul în care ca balast se utilizează o rezistenţă. Caracteristica tensiune — curent a lămpii (*a*) şi caracteristica rezistenţei (*b*), care pentru rezistenţe constante (liniare) este o dreaptă, se intersectează în punctele *N* şi *M*. Dintre aceste două puncte de funcţionare posibilă, numai *M* este stabil. În exteriorul porţiunii *MN*, funcţionarea nu este posibilă deoarece suma căderilor de tensiune în balast şi în lampă (U_B+U_l) este mai mare decît tensiunea *U* a sursei de alimentare, care nu poate furniza o tensiune mai mare decît aceasta.

În porțiunea MN, diferența ΔU determină o creștere a curentului și o alunecare a punctului de funcționare în M. Dacă lampa funcționează în punctul N, orice scădere sau creștere a curentului va provoca trecerea în

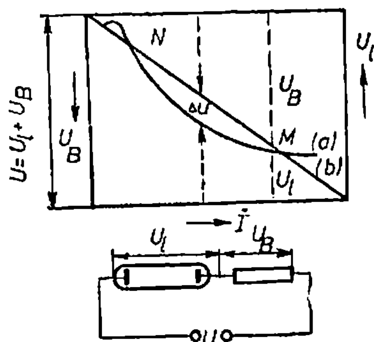


Fig. 3.3. Schema de stabilizare a unei descărcări în gaze.

una din cele două situații anterioare, ducînd la stingerea lămpii sau la alunecarea punctului de funcționare în M.

Din cauza pierderilor de putere pe rezistență, la lămpile alimentate în curent alternativ, balasturile se construiesc sub forma unor bobine cu miez de fier sau condensatoare.

Din această cauză însă factorul de putere are o valoare foarte coborîtă. Astfel cos φ este de aproximativ 0,5 la lămpi cu descărcări în gaze, față de 1 la cele cu incandescență.

Ținînd seama de dependența pierderilor de putere de factorul de putere conform relației (3.2), rezultă necesitatea compensării factorului de putere,

$$\Delta P = RI^2 = R \cdot \frac{S^2}{U^2} = R \frac{P^2}{U^2 \cos^2 \varphi} = \frac{C}{\cos^2 \varphi}, \qquad (3.2)$$

în care: ΔP este pierderea de putere;
R — rezistența circuitului;
I — curentul care trece prin circuit;
U — tensiunea aplicată circuitului;
S — puterea aparentă;
P — puterea activă;
$\cos \varphi$ — factorul de putere:
C — constantă.

Într-adevăr, dacă se iau măsuri de compensare a puterii reactive care să conducă la creşterea factorului de putere la valoarea cos φ_2, raportul pierderilor de putere în cele două situaţii (compensat şi necompensat) este

$$\frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}=\left(\frac{\cos\varphi_1}{\cos\varphi_2}\right)^2. \qquad (3.3)$$

Rezultă deci că dacă într-un circuit se compensează puterea reactivă astfel încît factorul de putere să se dubleze, pierderile de putere se vor reduce de patru ori.

În acest scop normativele impun ca lămpile cu descărcări ce se montează în instalaţiile de iluminat să fie prevăzute cu condensatoare pentru îmbunătăţirea factorului de putere sau să se utilizeze montaje de tip special cu factor de putere ridicat.

3.3.2. *Lămpi fluorescente*

3.3.2.1. Generalităţi

În scopul măririi eficacităţii luminoase a lămpilor cu descărcări în gaze şi în vederea modificării culorii şi a compoziţiei spectrale a luminii radiate, se pot folosi în anumite împrejurări, substanţe fluorescente.

Asemenea substanţe, utilizate la sursele electrice de lumină, prezintă particularitatea că fiind iradiate cu o radiaţie ultravioletă, absorb energia incidentă şi o reemit sub formă de radiaţie vizibilă, deci cu schimbarea lungimii de undă. Dacă după întreruperea iradierii luminiscenţa substanţei mai persistă un anumit timp, fenomenul poartă numele de *fosforescenţă*, iar substanţa este fosforescentă. Dimpotrivă, dacă luminiscenţa încetează odată cu iradierea (ea durează de obicei 10^{-8} — 10^{-7} s), fenomenul poartă numele de *fluorescenţă*, iar substanţa — fluorescentă.

Există un mare număr de substanţe fluorescente, însă în practica fabricaţiei lămpilor fluorescente nu se foloseşte decît un număr restrîns, deoarece ele trebuie să satisfacă următoarele condiţii:

— să absoarbă radiațiile ultraviolete ale atomului de mercur (cu lungimile de undă de 253,7 nm respectiv 365 nm);

— conversia radiațiilor ultraviolete în radiații vizibile trebuie să se facă cu un randament satisfăcător;

— substanța fluorescentă trebuie să absoarbă cît mai puține radiații vizibile;

— fluorescența trebuie să aibă caracteristici colorimetrice corespunzătoare;

— substanța trebuie să aibă o persistență cît mai mare a emisiunii radiației vizibile, pentru reducerea pîlpîirii lămpilor fluorescente alimentate în curent alternativ și a efectului stroboscopic;

— substanța nu trebuie să se degradeze în interiorul lămpii.

Cele mai utilizate substanțe fluorescente sînt:

— pentru lămpi fluorescente albe: wolframații de calciu și magneziu și halogenofosfații (fosfați de fluor, clor și brom);

— pentru lămpi fluorescente colorate: silicatul de zinc (culoare verde), boratul de cadmiu (culoare roșie), silicatul de calciu (culoare galben — portocalie).

Substanțele fluorescente pregătite pentru construcția lămpilor respective se prezintă sub forma unor pulberi, cu dimensiunea cristalelor de ordinul micronilor sau a zecilor de microni.

3.3.2.2. Lămpi tubulare fluorescente

Dintre lămpile bazate pe fenomenul de luminiscență, cele mai răspîndite sînt tuburile fluorescente cu descărcări electrice în vapori de mercur de joasă presiune, cunoscute uzual sub numele de lămpi tubulare. Ele sînt confecționate din tuburi de sticlă, pe peretele cărora s-a depus un strat de pulbere fină de substanță fluorescentă. Mărimea cristalelor este cuprinsă între 2—4 μ.

La extremitățile tubului se află cîte doi electrozi. Temperatura de regim a catodului este 900—950°C. Catodul este format dintr-o spirală de wolfram pe care sînt depuși oxizi alcalino — pămîntoși care favorizează emisia

termoelectronică. Electrozii sînt fixaţi de vîrfurile de contact ale celor două socluri, de la extremităţile tubului (fig. 3.4). Spirala, conectată într-un circuit de încălzire sau separat la un transformator de încălzire ajunge la temperatura de 800—950°C şi emite o mare cantitate de

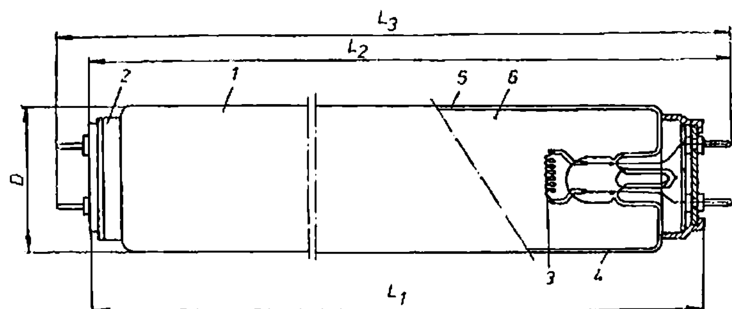


Fig. 3.4. Construcţia unei lămpi fluorescente:
1 — tub de sticlă; 2 — soclu; 3 — spirale de wolfram cu oxizi alcalino-pămîntoşi; 4 — mercur; 5 — pulbere fluorescentă; 6 — argon şi vapori de mercur.

electroni. Pentru amorsare sînt necesare impulsuri de tensiune de valoare superioară tensiunii reţelei.

În lămpile fluorescente se introduce argon pur la o presiune de 3—4 mmHg şi cîteva miligrame de mercur. Argonul din lampă are rolul de a uşura amorsarea descărcării.

Fiecare lampă fluorescentă posedă un dispozitiv de pornire *(starter)* care permite preîncălzirea electrozilor şi aprinderea lămpii.

Schema generală de montare a unui starter este reprezentată în fig. 3.5. Cînd contactele starterului *S* sînt închise, trece un curent prin electrozii lămpii, care sînt astfel preîncălziţi. Cînd se deschid contactele, apare o creştere bruscă a tensiunii la bornele bobinei. Impulsul de tensiune produce aprinderea lămpii. Dacă lampa nu se aprinde după prima încercare, starterul *S* intră din nou în funcţiune.

Condensatorul *C* montat în paralel cu lampa are rolul de a înlătura perturbaţiile radiofonice provocate de lampă.

În fig. 3.6 este reprezentat starterul care se fabrică în țara noastră. Lampa cu licărire *1*, prevăzută la exterior cu un condensator *3* de 10 000 pF, este introdusă într-o casetă *4*. Bornele de contact *5* montate pe placa de bază *6* asigură legătura cu electrozii starterului. Introdu-

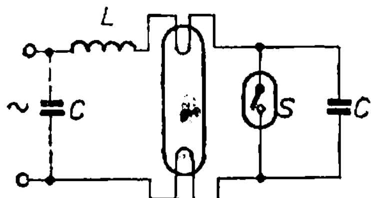


Fig. 3.5. Schema generală de conectare a unei lămpi fluorescente cu starter.

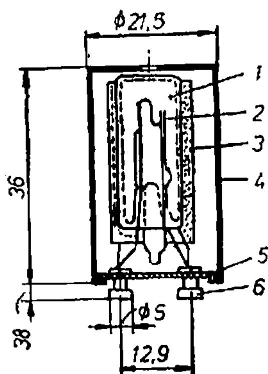


Fig. 3.6. Starter cu licăriri.

cerea sau scoaterea starterului din circuit se realizează prin bimetalul *2*.

La aplicarea tensiunii se produce o descărcare în starter care are o tensiune de aprindere mai mică decît aceea a tubului fluorescent.

Datorită căldurii degajate de aceasta, bimetalul atinge celălalt electrod, scurtcircuitînd starterul și lăsînd să treacă curentul necesar încălzirii prin catozii lămpii. După timpul la care este reglat, bimetalul starterului se răcește, întrerupînd circuitul. În acest moment, schimbarea bruscă a intensității cîmpului magnetic din bobina de reactanță dă un vîrf de tensiune de 1 000—2 000 V, suficient pentru a stabili descărcarea. După producerea descărcării, starterul nu mai acționează, deoarece tensiunea la bornele sale este redusă de arderea lămpii.

Lămpile pentru iluminat exterior se folosesc într-un montaj special (fig. 3.7) fără starter, care produce la bornele lămpii o tensiune ridicată necesară aprinderii acesteia printr-un circuit de rezonanță cu frecvența rețelei.

În tabelul 3.5 sînt indicate culorile nominale ale lămpilor fluorescente tubulare cu catozi preîncălziți pentru

iluminat general fabricate în România, conform STAS 6824-68. Culorile 1, 2 şi 3 sînt considerate normale, cu eficacitate luminoasă ridicată. Culorile 1X, 2X şi 3X sînt tipuri cu o redare îmbunătăţită a culorilor corespondente.

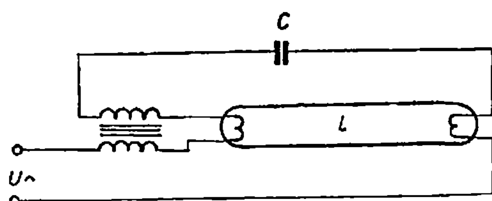


Fig. 3.7. Schema de montare a unei lămpi fluorescente cu funcţionare fără starter.

Tabelul 3.5

Culorile nominale ale lămpilor fluorescente

Culoarea nominală	Temperatura de culoare K	Simbolul culorii
Alb lumina zilei	6 500	1
Alb lumina zilei corectat	6 500	1X
Alb	4 300	2
Alb superior	3 800	2X
Alb cald	3 000	3
Alb cald superior	2 900	3X

Aceste lămpi se fabrică în gama de puteri nominale de 14 W, 20 W, 40 W, 65 W, avînd forma şi dimensiunile din fig. 3.4 şi tabelul 3.6.

Simbolizarea lămpilor fluorescente se face în felul următor:

— prin literele LFA, urmate de indicarea puterii nominale şi simbolul culorii, în cazul lămpilor cu aprindere cu starter;

— prin literele LFR, urmate de indicarea puterii nominale şi simbolul culorii, în cazul lămpilor cu aprindere fără starter. De exemplu, lampa cu aprindere cu starter, de 20 W, culoarea alb se simbolizează LFA 20/2, iar LFR

Tabelul 3.6

Dimensiunile lămpilor fluorescente

Puterea nominală a lămpii W	L_1 max mm	L_2 min mm	L_2 max mm	L_3 max mm	D max mm
14	363,2	367,9	370,5	377,8	40,5
20	589,8	594,4	596,9	604,0	40,5
40	1 199,4	1 204,0	1 206,5	1 213,6	40,5
65	1 500,0	1 504,7	1 507,1	1 514,2	40,5

40/3X reprezintă codul lămpii fluorescente cu aprindere fără starter, de 40 W, culoarea alb cald superior.

Caracteristicile luminoase ale lămpilor fluorescente depind foarte mult de structura şi grosimea stratului de substanţă fluorescentă. Dacă stratul este prea subţire, radiaţiile ultraviolete excitante nu pot fi suficient absorbite, dacă stratul este prea gros se absoarbe şi o parte prea mare din lumina emisă de substanţe.

În cele ce urmează sînt prezentate *principalele caracteristici* ale lămpilor tubulare fluorescente (cu vapori de mercur de joasă presiune).

Eficacitatea luminoasă este relativ ridicată, putînd atinge 50—70 lm/W. Peste 20% din energia absorbită este transformată în radiaţie vizibilă. Dacă nu ar exista substanţele fluorescente depuse pe peretele interior al lămpilor, eficacitatea luminoasă a acestora nu ar depăşi 5 lm/W. În fig. 3.8 este reprezentat bilanţul energetic al unei lămpi fluorescente de 40 W.

Luminanţa lămpilor de acest tip este relativ redusă, fiind cuprinsă între $3 \cdot 10^3$ — $10 \cdot 10^3$ cd/m².

Lămpile fluorescente emit „lumină rece“, adică lumină concentrată în domeniul vizibil al spectrului, însoţită de puţine radiaţii infraroşii.

Culoarea luminii poate fi modificată în limite largi prin combinarea potrivită a substanţelor fluorescente.

Fluxul luminos depinde de temperatura mediului ambiant şi este maxim la 20—25°C. De asemenea, fluxul scade repede în primele 100 h de funcţionare (cu 10%).

În tabelul 3.7 este indicat fluxul luminos nominal al lămpilor fluorescente fabricate în România.

Temperatura tubului nu depăşeşte 40°C.

Aprinderea normală a lămpilor este asigurată în intervalele de temperatură ale mediului ambiant +5°C —

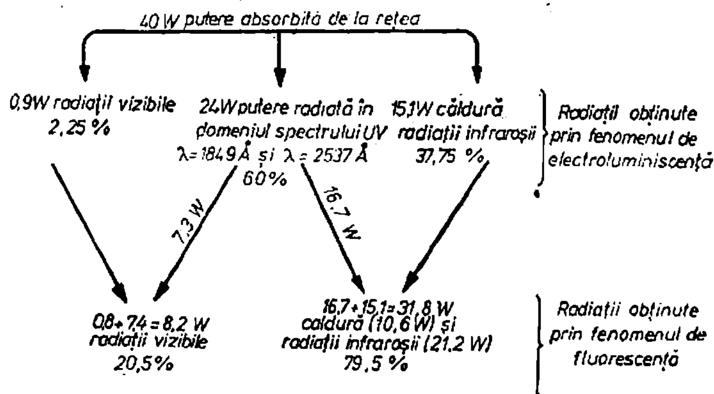


Fig. 3.8. Bilanțul energetic al unei lămpi fluorescente de 40 W.

+50°C pentru lămpile cu aprindere cu starter şi —13°C — +50°C pentru lămpile cu aprindere fără starter.

Tabelul 3.7

Fluxul luminos al tuburilor fluorescente fabricate în România

Tipul lămpii	Fluxul luminos nominal, lm — Culoarea					
	1	1X	2	2X	3	3X
LFA 14	75	450	580	360	590	390
LFA 20	900	860	1 100	750	1 080	750
LFA 40	2 300	2 150	2 700	1 850	2 800	1 790
LFA 65	3 750	3 600	4 400	2 800	4 600	3 000
LFR 40	2 200	2 100	2 700	1 850	2 650	1 780

Durata nominală, respectiv timpul de funcționare efectivă a lămpii pînă cînd aceasta iese din funcțiune sau este considerată ca ieşită din funcțiune prin scăderea per-

formanțelor, este de 6 500 h. Durata de funcționare este mult influențată de numărul de porniri, deoarece în perioada de pornire solicitarea stratului emisiv este mai puternică.

Pîlpîirea lămpilor. La lămpile fluorescente care lucrează la frecvența de 50 Hz, curentul apare și dispare de 100 ori pe secundă, cînd dispare și radiația descărcării. Datorită persistenței radiațiilor, lumina nu dispare complet, dar intensitatea luminoasă scade. Apare o pîlpîire, care la lămpile cu incandescență nu se manifestă din cauza inerției termice a filamentului. Pîlpîirea tuburilor fluorescente poate produce *efectul stroboscopic*, care constă în modificarea aparentă a mișcării reale a unui obiect iluminat. Efectul stroboscopic poate fi redus prin alimentarea lămpilor fluorescente de la faze diferite.

Caracteristicile fucționale ale lămpilor fluorescente sînt relativ puțin influențate de variațiile tensiunii rețelei (tabelul 3.8).

Tabelul 3.8

Variația caracteristicilor funcționale ale lămpilor fluorescente în funcție de variația tensiunii rețelei

ΔU	ΔP	$\Delta \varphi$	$\Delta \eta$
±1%	±1,5%	±1%	±0,44

Balasturile pentru lămpile fluorescente tubulare produse în țara noastră sînt montate într-o casetă metalică și încorporate într-o masă poliesterică. Ele sînt rezistente din punct de vedere mecanic, asigură ușor conectarea și deconectarea, nu fac zgomot și au o încălzire redusă. Se produc balasturi inductive de tipul BI, prevăzute să opereze în circuitele lămpilor fluorescente cu aprindere cu starter și balasturi de tip BR, asigurînd aprinderea rapidă fără starter a lămpilor fluorescente tip LFR.

Caracteristicile balasturilor pentru lămpile fluorescente tubulare sînt date în tabelul 3.9, iar dimensiunile lor conform fig. 3.9 sînt prezentate în tabelul 3.10.

Schema de conectare a balastului în circuitul unei lămpi fluorescente tubulare este reprezentată în fig. 3.10.

Tabelul 3.9

Caracteristicile balasturilor pentru lămpi fluorescente

Caracteristici	Unități de măsură	Tipul balastului						
		BIA				BIB		BRB
		14	20	40	65	14	20	40
Puterea nominală	W	14	20	40	65	14	20	40
Tensiunea nominală	V	220	220	220	220	120	120	220
Frecvența nominală	Hz	50	50	50	50	50	50	50
Curentul nominal	A	0,39	0,37	0,43	0,67	0,39	0,37	0,43
Factor de putere nominal cos φ	—	0,25	0,35	0,5	0,5	0,41	0,52	0,90*)

* Cu $C=5\pm1\%\,\mu F \sim 380$ V, conform cu schema din fig. 3.10.

Tabelul 3.10

Dimensiuni ale balasturilor pentru lămpi fluorescente

Dimensiuni	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm
BIA, BIB 14 BIA, BIB 20 BIA 40	105±1	64±1	45±1	90±0,2	42±0,2
BIA 65 BRB 40	150±1	64±1	45±1	135±0,2	42±0,2

3.3.3. *Lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune*

Spre deosebire de lămpile fluorescente, la care descărcarea electrică se produce în vapori de mercur la presiune joasă, (de ordinul sutimilor de mm Hg), la läm-

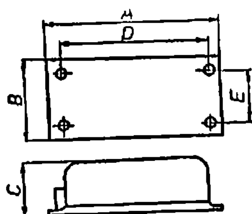


Fig. 3.9. Balast pentru lămpi fluorescente tubulare.

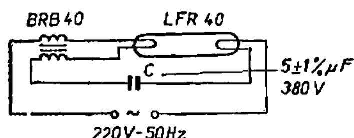


Fig. 3.10. Schema de conectare a balastului în circuitul unei lămpi fluorescente tubulare.

pile cu vapori de mercur de înaltă presiune, presiunea din interiorul tubului de descărcare este ridicată (cîteva atmosfere) cu scopul de a mări probabilitatea excitărilor în trepte, în urma cărora se produc radiații vizibile.

Descărcarea are loc în interiorul unui tub de cuarț de 4—5 cm, temperatura din interiorul lămpii ridicîndu-se peste 500 °C. Tubul de cuarț este închis într-un balon de sticlă, care poate fi mată sau clară și are rolul de a uniformiza pierderile termice.

Simbolizarea lămpilor se face printr-un grup de 3 litere, urmat de un număr, ca în exemplul: LVF 80. Cele trei litere reprezintă: lămpi (L) cu vapori (V) de mercur de înaltă presiune în balon fluorescent (F), iar numărul — puterea nominală exprimate în wați.

Intervalul de temperatură al mediului ambiant în limita căruia este asigurată aprinderea normală a lămpilor este cuprins între —25°C și +40°C.

Poziția de funcționare a lămpilor este cea verticală, înclinarea lor ducînd la scăderea eficacității luminoase sau chiar la distrugere. Lămpile de tip LVF pot funcționa cu o înclinare de cel mult 45 grade, montate cu soclul în sus.

Aprinderea acestor lămpi se face fără starter, cu ajutorul unui electrod auxiliar, montat aproape de unul din electrozii principali şi legat de celălalt electrod principal printr-o rezistenţă de cîteva mii de ohmi (fig. 3.11).

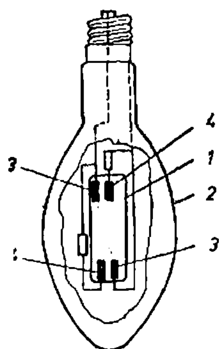


Fig. 3.11. Lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune:

1 — tub de descărcare din sticlă de cuarţ; 2 — balon din sticlă acoperit în interior cu luminofor; 3 — electrod principal; 4 — electrod auxiliar.

Mercurul din interiorul tubului aflat în stare lichidă se evaporă şi presiunea vaporilor creşte cu creşterea temperaturii, pînă cînd, în funcţie de caracteristicile balastului şi de cantitatea de mercur din tub, descărcarea se stabilizează la funcţionarea de regim. Intrarea în regim durează pînă la 5 min de la amorsare.

Lampa conţine pe lîngă mercur, neon sau argon, deoarece la rece presiunea de vapori saturaţi este insuficientă pentru a se produce aprinderea descărcării. Cantitatea de mercur introdusă în lampă este astfel dozată încît la temperatura de funcţionare normală a lămpii, tot mercurul se găseşte sub formă de vapori. În felul acesta, la variaţii nu prea mari de temperatură exterioară sau de regim electric de alimentare, densitatea vaporilor de mercur şi deci tensiunea de ardere variază puţin.

Reaprinderea lămpilor cu vapori de mercur nu se poate face decît după răcirea lor (circa 8 minute), deoarece tensiunea aplicată poate amorsa descărcarea numai după scăderea presiunii şi a temperaturii cu o anumită valoare.

Principalele caracteristici ale lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune sînt succint prezentate în continuare.

Eficacitatea luminoasă a acestor lămpi are o valoare ridicată, ajungînd pînă la 50 lm/W.

Luminanța lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune este destul de ridicată, fiind cuprinsă în intervalul $2 \cdot 10^6$ — $6 \cdot 10^6$ cd/m^2.

În vederea micșorării acestei luminanțe, baloanele lămpilor pot fi matate.

Radiațiile unei lămpi cu vapori de mercur de mare presiune cuprind părți din regiunea galbenă, verde, albastră și violetă a spectrului. Lumina lor diferă de lumina zilei prin absența radiațiilor infraroșii. Pentru îmbunătățirea culorii și a redării culorilor, balonul de sticlă se acoperă în interior cu substanțe fluorescente care emit culori roșcate cînd sînt excitate de radiațiile din ultravioletul apropiat, date de lampă.

Culoarea luminii lămpilor cu vapori de mercur mai poate fi corectată prin combinarea cu lămpi cu incandescență. Lumina combinată poate fi obținută cu o singură lampă (lămpi cu lumină mixtă). Acestea sînt lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune la care balastul este format dintr-o spirală montată în interiorul balonului, în jurul tubului de cuarț. Spirala, pe lîngă faptul că stabilizează descărcarea, constituie și o sursă de lumină incandescentă care îmbunătățește compoziția spectrală a lămpii cu vapori de mercur.

Durata medie de funcționare este de 6 000 h, fiind posibilă chiar atingerea unor valori mult mai ridicate în cazul unei funcționări de minimum patru ore după fiecare aprindere.

În tabelul 3.11 sînt indicate valorile nominale ale caracteristicilor electrice și fotometrice ale lămpilor cu descărcări în gaze cu vapori de mercur de înaltă presiune în balon fluorescent, pentru iluminatul general, fabricate în țara noastră.

Lămpile cu vapori de mercur de înaltă presiune în balon fluorescent funcționează cu balasturi de construcție specială, pentru stabilizarea descărcării. *Simbolizarea* acestora se face de asemenea printr-un grup de 3 litere

Tabelul 3.11

Caracteristicile lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune pentru 220 V, 50 Hz, fabricate în R.S.R.

Caracteristici	L.V.F. 80	L.V.F. 125	L.V.F. 250	L.V.F. 400	L.V.F. 700	L.V.F. 1000
Putere nominală, W	80	127	250	400	700	1 000
Flux luminos inițial*, lm	3 100	5 500	11 750	20 500	35 000	50 000
Timp mediu de funcționare, h	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000	6 000
Curent nominal, A	0,8	1,15	2,05	3,15	5,45	7,5
Tipul soclului	E27/30	E27/30	E40/45	E40/45	E40	E40

* *Observație.* Fluxul luminos inițial reprezintă valoarea fluxului luminos măsurată după $t=100$ h de funcționare

urmate de un număr: primele două litere sînt „BV“ și reprezintă „balast pentru lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune în balon fluorescent“, a treia literă reprezintă tipul constructiv al balastului, iar numărul reprezintă puterea nominală a balastului (wați).

În tabelul 3.12 sînt redate caracteristicile electrice nominale ale balasturilor fabricate în România pentru lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune. Ele sînt montate în cutii metalice și încorporate într-o masă de rășini sintetice.

Tabelul 3.12

Caracteristicile electrice ale balasturilor de tip BVA fabricate în R.S.R.

Caracteristici	Unități de măsură	Tipul balastului			
		BVA 80	BVA 125	BVA 250	BVA 400
Puterea nominală	W	80	125	250	400
Tensiunea nominală	V	220	220	220	220
Frecvența nominală	Hz	50	50	50	50
Curentul nominal	A	0,8	1,15	2,05	3,15
Factor de putere nominal cos φ	—	0,5	0,5	0,55	0.6

3.3.4. *Lămpi cu vapori de sodiu*

Pentru tehnica iluminatului, în special pentru iluminatul exterior, de o mare importanță sînt lămpile cu vapori de sodiu. Ele se construiesc atît cu presiune joasă cît și cu presiune înaltă.

Lămpile de joasă presiune dau o lumină monocromatică galbenă corespunzătoare lungimilor de undă de rezonanță de 588,9 respectiv 589,5 nm.

Tubul cu descărcare este în general în formă de U, la capetele căruia sînt fixați electrozii principali (fig. 3.12). El este umplut cu neon sau argon la o presiune de circa 3 mm Hg pentru ușurarea aprinderii și conține în regim normal de funcționare vapori de sodiu la o presiune de circa $4 \cdot 10^{-3}$ mm Hg proveniți din evaporarea sodiului conținut în lampă.

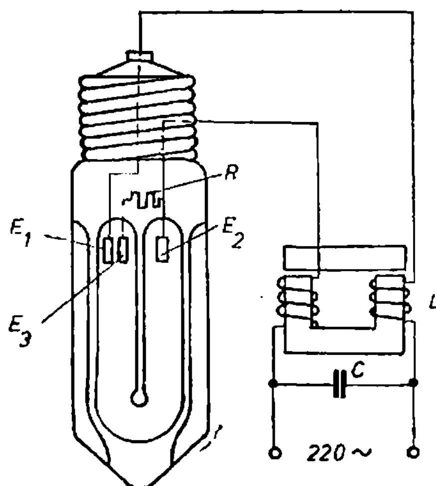


Fig. 3.12. Lampă cu vapori de sodiu.

Pentru ca temperatura ambiantă să nu influențeze regimul de ardere al lămpii aceasta se montează în baloane de sticlă cu pereți dubli.

Pentru amorsarea descărcării se montează în interiorul tubului electrodul auxiliar E_3. Între acesta și electrodul E_1 ia naștere o descărcare, curentul fiind limitat

de rezistența R a cărei valoare este de circa 1 000 Ω. Electrodul E_1 se încălzește și începe să emită electroni, provocînd amorsarea descărcării între electrozii E_1 și E_2 și deci aprinderea lămpii. Descărcarea începe în atmosferă de neon și lampa emite o lumină roșie caracteristică. Pe măsură de temperatura tubului crește, lumina roșie a neonului este înlocuită cu lumina galbenă a sodiului, a cărui luminiscență începe la temperatura de 200 °C. La temperatura de funcționare, de 350 °C, radiațiile emise de lampă sînt galbene, dispărînd lumina roșie a neonului. Lampa intră în regim normal de funcționare după un timp de 5—10 min de la punerea sub tensiune. Lampa se leagă la rețea prin intermediul bobinei L care limitează curentul electric al lămpii sau cu un transformator de dispersiune.

Eficacitățile luminoase ale acestor lămpi ajung la valori de 150 lm/W.

Lămpile cu vapori de sodiu de înaltă presiune dau o lumină cu o culoare mult ameliorată față de cele cu joasă presiune, în spectru apărînd și zona verde — roșu. Eficacitatea luminoasă atinge 100 lm/W.

Lămpile cu vapori de sodiu se folosesc frecvent în iluminatul public, datorită proprietății luminii galbene de a favoriza vederea pe timp cu ceață.

3.3.5. *Lămpi cu xenon*

Lămpile cu xenon se fabrică în două forme constructive principial diferite: lămpi cu arc scurt și lămpi cu arc lung.

Lămpile cu arc scurt se prezintă sub forma unor baloane de sticlă de cuarț, cu pereți groși, cu electrozi de wolfram așezați la distanță mică unul de altul. Balonul este umplut cu xenon la presiunea de 8—9 at care în timpul funcționării lămpii crește pînă la 20—25 at. Lămpile cu arc scurt se fabrică în game de puteri mici și mijlocii, de ordinul sutelor sau miilor de wați. Ele se caracterizează printr-o foarte mare luminanță, de ordinul 10^8—10^9 cd/m^2 și o distribuție spectrală continuă în domeniul vizibil, asemănătoare luminii de zi, permițînd re-

darea corectă a culorilor. Eficacitatea luminoasă crește cu puterea lămpii; pentru o lampă de 150 W este de 15 lm/W, ajungînd la 37 lm/W pentru o lampă de 2 500 W. Datorită acestor calități, lămpile se utilizează la iluminatul pentru proiectare, la comparații de culori, la iluminatul studiourilor.

Lămpile cu arc lung sînt de formă tubulară de diametre și lungimi diferite, asemănătoare cu lămpile fluorescente. Ele se fabrică într-o gamă mare de puteri, ajungînd la puteri de ordinul sutelor de kilowați. Aceste lămpi avînd proprietăți asemănătoare cu ale celor cu arc scurt, se utilizează mai ales pentru iluminatul spațiilor larg deschise (piețe, intersecții, stații de triaj, terenuri de sport).

Pentru amorsarea lămpilor cu xenon sînt necesare tensiuni de aprindere de ordinul zecilor de kilovolți care se obțin cu ajutorul unor generatoare speciale de impulsuri. Ca elemente limitatoare se prevăd bobine asemănătoare cu cele întrebuințate la celelalte lămpi cu descărcări.

4. Corpuri de iluminat

4.1. Generalități

Aparatul care servește la distribuirea, filtrarea sau transformarea luminii lămpilor, constituit din toate piesele necesare pentru fixarea și protejarea lămpilor, precum și pentru conectarea acestora la circuitul de alimentare poartă denumirea de *corp de iluminat.*

Sistemul optic al unui corp de iluminat este totalitatea pieselor optice ale corpului, care au ca scop:

— modificarea fluxului luminos al lămpii, pentru realizarea repartiției spațiale dorite a intensității luminoase;

— reducerea luminanței suprafețelor corpurilor de iluminat care sînt expuse privirii sau mascarea elementelor prea strălucitoare ale lămpii cu scopul de a împiedica efectul de orbire;

— modificarea compoziţiei spectrale a fluxului luminos al lămpii.

Sistemele optice ale corpurilor de iluminat sînt constituite din elemente difuzoare, refractoare sau reflectoare precum şi din combinaţii ale acestora. Aceste sisteme optice pot determina zone luminoase de diferite forme pe porţiunea de iluminat, alegerea formei fiind determinată de configuraţia spaţiului de iluminat precum şi de raportul dintre înălţimea corpului de iluminat şi distanţa dintre corpuri.

Armătura de iluminat este constituită din ansamblul pieselor, în general metalice, ale unui corp de iluminat care îndeplineşte una sau mai multe din funcţiile de mai jos:

— permite fixarea lămpii şi a sistemului optic, precum şi alimentarea lămpii cu energie electrică;

— fereşte lampa şi uneori, şi sistemul optic împotriva solicitărilor mecanice şi, eventual, chimice;

— izolează lampa şi alimentarea ei de mediul înconjurător.

Clasificarea corpurilor de iluminat se poate face în funcţie de mai multe criterii.

● După modul în care asigură *distribuirea fluxului* emis de sursa de lumină, corpurile de iluminat se pot împărţi în:

— corpuri de iluminat simetric, caracterizate printr-o distribuţie simetrică a intensităţii luminoase;

— corpuri de iluminat asimetric, caracterizate printr-o distribuţie asimetrică a intensităţii luminoase.

● De asemenea, corpurile de iluminat se mai pot clasifica, şi în funcţie de *procentajul din fluxul* lor luminos pe care-l dirijează spre planul util, astfel:

— corpuri de iluminat direct: 90%;

— corpuri de iluminat semi-direct: 60—90%;

— corpuri de iluminat mixt: 40—60%;

— corpuri de iluminat semi-indirect: 10—40%;

— corpuri de iluminat indirect: maximum 10%.

În iluminatul exterior se folosesc numai corpuri de iluminat direct.

● O altă împărţire a corpurilor de iluminat poate fi făcută astfel:

— corpuri de iluminat cu distribuţie concentrată, care concentrează lumina într-un fascicul îngust în jurul axei lor;

— corpuri de iluminat cu distribuţie largă, care distribuie lumina într-un fascicul larg;

— corpuri de iluminat de distribuţie oblică, care distribuie lumina în mod asimetric faţă de o direcţie principală.

Pentru iluminat public se recomandă folosirea corpurilor de iluminat cu repartiţie concentrată, deoarece micşorează foarte mult efectul de orbire.

Utilizarea corpurilor de iluminat cu distribuţie largă a fluxului luminos presupune acceptarea unui grad de orbire mai mare. Pentru a se diminua orbirea, corpurile de iluminat trebuie să fie de dimensiuni mari şi luminanţă redusă. Această cerinţă poate fi satisfăcută de corpurile de iluminat pentru lămpi fluorescente, a căror luminanţă la mai mult de 80% nu depăşeşte 1 cd/m^2. În unele cazuri, corpurile cu distribuţie largă prezintă interes pentru întărirea iluminării faţadelor.

● După felul în care este *protejată* sursa de lumină, corpurile de iluminat pot fi deschise sau închise.

Corpurile de iluminat se fixează cu ajutorul unor braţe sau se suspendă, în funcţie de tipul lor constructiv.

4.2. Caracteristici ale corpului de iluminat

Curbele fotometrice se referă la principalele mărimi fotometrice şi anume: flux luminos, intensitate luminoasă şi iluminare.

Curbele privind intensitatea luminoasă şi iluminarea depind în ultimă instanţă de distribuţia în spaţiu a fluxului luminos care poate fi simetrică sau asimetrică.

Curbele simetrice corespund acelor corpuri de iluminat la care repartiţia fluxului luminos admite o axă de simetrie. În caz contrar, curbele sînt asimetrice. De obicei şi acestea admit un plan de simetrie.

Una dintre curbele fotometrice cel mai mult folosite este *curba* (în general, polară) *de distribuție unghiulară a intensității luminoase* prin care se reprezintă intensitatea luminoasă într-un plan care trece prin lampa sau corpul de iluminat, în funcție de unghiul pe care-l formează vectorul intensitate luminoasă cu o direcție dată.

În general, cînd sursa are o distribuție simetrică a intensității luminoase, planul de referință este un plan median.

Cînd direcția de referință a unghiurilor coincide cu verticala, originea unghiurilor se adoptă jos.

Alte curbe fotometrice mai des folosite sînt *curbele izolux* și *izocandelă*.

Randamentul optic al unui corp de iluminat reprezintă raportul între fluxul luminos emis de un corp de iluminat și suma valorilor fluxurilor luminoase individuale ale lămpilor, cînd acestea se găsesc în interiorul corpului de iluminat.

Randamentul luminos al unui corp de iluminat este dat de raportul între fluxul luminos emis de un corp de iluminat și fluxul luminos emis de către lampă cînd funcționează în afara corpului de iluminat, în condiții specificate.

Randamentul luminos coincide practic cu cel optic în cazul corpurilor de iluminat cu lămpi cu incandescență.

Factorul de multiplicare al unui corp de iluminat este raportul între intensitatea luminoasă maximă a unui corp de iluminat (în general, un proiector) și intensitatea luminoasă sferică medie a lămpii sale.

Factorul de utilizare a fluxului luminos a unui corp de iluminat (utilanța) este raportul între fluxul luminos util și fluxul luminos emis de corpul de iluminat.

Factorul de conservare a iluminării este raportul între iluminarea medie pe un plan util, după o oarecare durată de utilizare a unei instalații de iluminat și iluminarea medie obținută în aceleași condiții cu o instalație de iluminat nouă.

Inversul factorului de conservare (mentenanță) se numește factor de depreciere a iluminării.

Unghi de ecranare a unui corp de iluminat este unghiul măsurat, pornindu-se de la nadir între axa verticală

şi prima linie de vedere, începînd de la care lămpile şi suprafeţele de luminanţă ridicată nu sînt vizibile.

Ecranarea este o tehnică întrebuinţată pentru reducerea orbirii, prin disimularea de vedere directă a lămpilor şi a suprafeţelor cu luminanţă ridicată.

Corpurile de iluminat utilizate în iluminatul public pot fi ecranate, semiecranate sau neecranate.

Corpurile de iluminat trebuie să îndeplinească o serie de condiţii:

— să aibă o curbă fotometrică corespunzătoare sistemului de iluminare ales;

— să prezinte un randament ridicat;

— să nu aibă o luminanţă supărătoare pentru ochi;

— să dea umbre cît mai estompate;

— să aibă un factor de depreciere cît mai mic;

— să corespundă din punct de vedere estetic;

— să îndeplinească unele condiţii de protecţie impuse de atmosfera în care vor funcţiona (praf, umezeală etc.) şi să reziste bine la vibraţii;

— să permită o montare şi o întreţinere uşoară;

— să nu fie prea costisitoare.

4.3. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu incandescenţă

Majoritatea corpurilor de iluminat pentru lămpile cu incandescenţă sînt corpuri cu distribuţie simetrică a fluxului luminos, caracterizate prin faptul că au un ax de simetrie.

În iluminatul public se folosesc însă şi corpuri de iluminat cu incandescenţă asimetrice, caracterizate printr-un plan de simetrie.

Pentru iluminatul străzilor, de exemplu, corpurile de iluminat se suspendă pe axa lor sau se fixează lateral, pe trotuar cu ajutorul unor suporţi. În primul caz se folosesc corpuri de iluminat care repartizează fluxul luminos în cea mai mare parte în lungul străzii. În cel de al doilea caz se utilizează corpuri care trimit cea mai mare parte din fluxul luminos spre partea carosabilă a străzii sau

corpuri de iluminat simetrice care se montează cu axa de simetrie înclinată cu un anumit unghi față de verticală.

În fig. 4.1 este prezentat corpul de iluminat cu repartiție simetrică B 200 executat cu reflector din tablă emai-

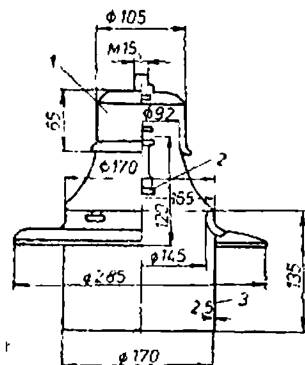


Fig. 4.1. Corp de iluminat B. 200:

1 — calotă din tablă; 2 — dulie E-27; 3 — glob din sticlă opală sau mată.

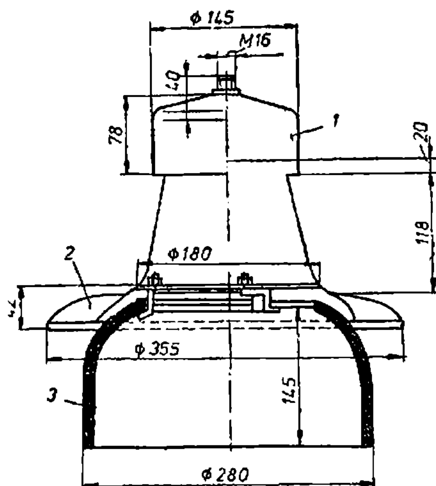


Fig. 4.2. Corp de iluminat C. 300:

1 — calotă din tablă; 2 — abajur din tablă; 3 — glob din sticlă opală sau mată.

lată pentru una sau două lămpi de puteri cuprinse între 75 și 1 000 W. Acest tip de corp poate fi folosit pentru iluminatul străzilor și piețelor, la care în afară de suprafața solului trebuie iluminate suprafețe laterale, cum ar fi de exemplu clădirile.

Un alt tip de corp de iluminat incandescent simetric este corpul C 300, cu distribuție largă, denumit și corp de iluminat cu glisieră, a cărui construcție este indicată în fig. 4.2. Se echipează cu lămpi cu incandescență de la 300 W la 1 000 W. Reflectorul este realizat din tablă emailată, iar globul — din sticlă opală sau mată.

Forma corpului contribuie la o repartiție convenabilă a fluxului luminos pe suprafața iluminată și protejează lampa contra ploii.

În fig. 4.3 este prezentat un corp de iluminat asimetric cu un reflector argintat, care în partea de jos este acoperit cu un geam mat. Acest corp dirijează fluxul în două direcții în lungul străzii. Curba continuă *a* arată repartiția

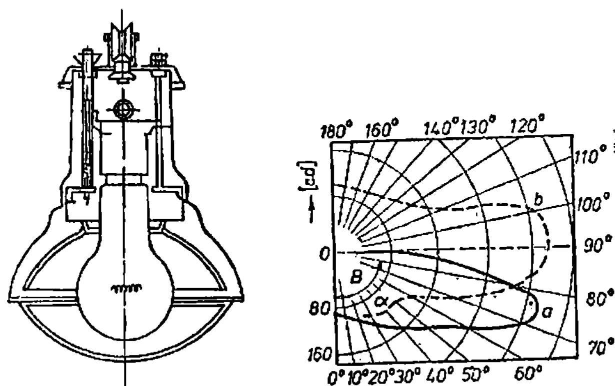


Fig. 4.3. Corp de iluminat asimetric.

fluxului luminos în planul vertical din lungul străzii. Curba punctată *b* este obținută prin intersecția corpului fotometric cu conul a cărui generatoare face 72° cu verticala și corespunde cu direcția intensității luminoase maxime a corpului de iluminat. Corpul se execută pentru lămpi de 100—200 W și are un dispozitiv de fixare a centrului luminos.

4.4. Corpuri de iluminat pentru lămpi fluorescente tubulare

Cele mai multe dintre corpurile de iluminat pentru lămpile fluorescente tubulare sînt constituite dintr-o armătură cuprinzînd instalația electrică și elementele de montaj.

Corpul de iluminat pentru exterior format banană produs în țară (C.E.B.-340) este construit dintr-o carcasă turnată din aluminiu în care se găsesc montate trei tuburi

fluorescente de 40 W, avînd aprinderea fără starter (fig. 4.4). Pentru funcționarea fără starter este legată de lampă o bobină specială, executată sub formă de transformator, avînd două înfășurări folosite în mod special pentru încălzirea electrozilor și o a treia înfășurare care

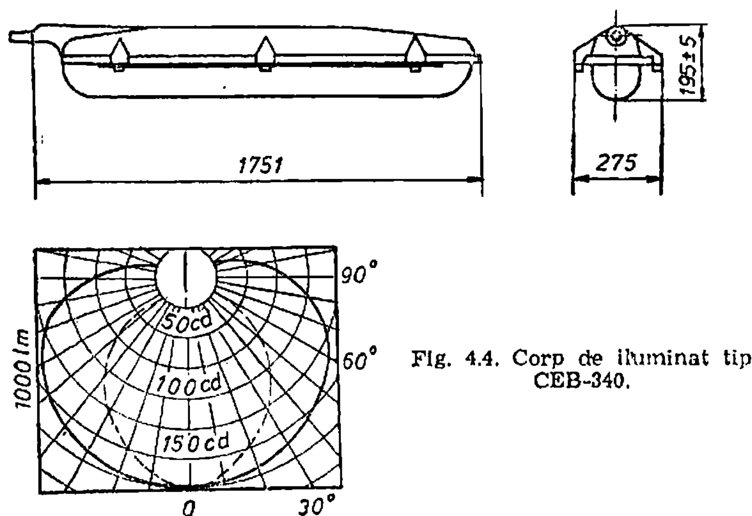


Fig. 4.4. Corp de iluminat tip CEB-340.

are sarcina ridicării tensiunii. Lămpile sînt prevăzute cu difuzor semicilindric transparent din masă plastică, fixat etanș. Aprinderea lămpilor este posibilă pînă la temperatura de —15°C. Factorul de putere este 0,55.

Aceste corpuri de iluminat se folosesc pentru iluminatul străzilor, piețelor, podurilor etc.

Pentru iluminatul aleilor și parcurilor se produc în țară corpuri de iluminat tronconice echipate cu tuburi fluorescente de tip P.F.T.-620 (fig. 4.5). Ele se echipează cu șase tuburi de 20 W și se caracterizează printr-un factor de putere 0,5. Lămpile și dispozitivele de conectare sînt protejate de două capace și un glob opal tronconic.

Corpul de iluminat se montează în prelungirea stîlpului.

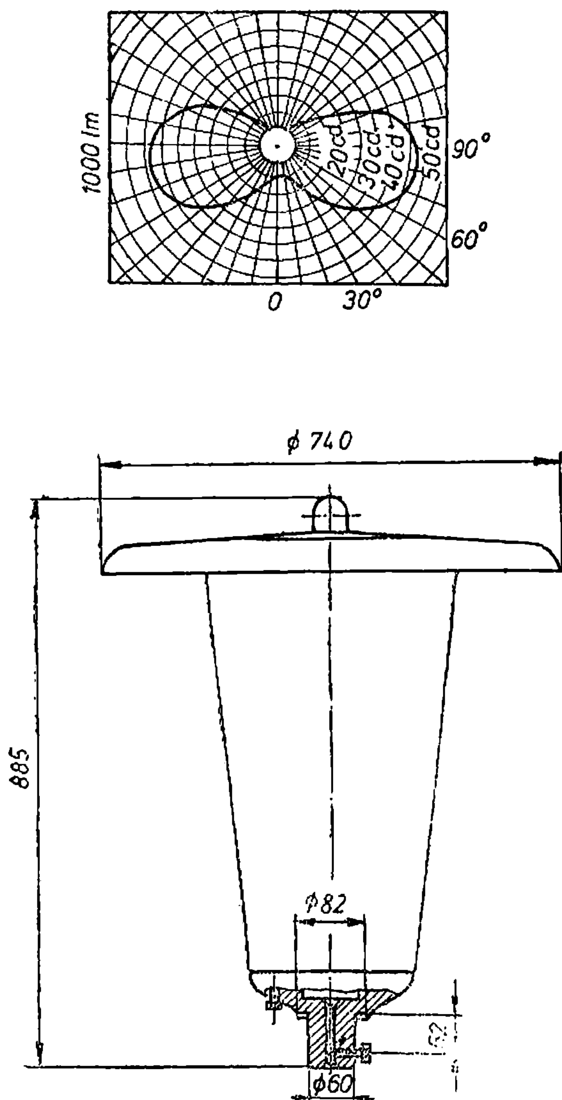


Fig. 4.5. Corp de iluminat tronconic PFT-620.

4.5. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu vapori de mercur

Construcţia acestor corpuri de iluminat ţine seama pe de o parte de temperatura ridicată pe care o au lămpile în funcţionare şi de cantitatea de căldură degajată, iar pe de altă parte de necesitatea de a adăposti şi aparatajul anex (balastul şi, cînd este cazul, condensatorul pentru îmbunătăţirea factorului de putere).

Datorită acestor cauze, corpurile de iluminat sînt robuste, au finisaje superioare, sînt echipate cu sticlă termorezistentă şi sînt prevăzute cu posibilitate de evacuare a căldurii.

Corpul de iluminat de tip H.R.C., similar tipului Philips este destinat pentru a fi echipat cu lămpi cu vapori de mercur. Poziţia de funcţionare a lămpii în interiorul corpului de iluminat este orizontală. Corpul este prevăzut cu oglinzi de aluminiu, bine finisate. Oglinzile se pot fixa în diferite poziţii convenabile, cu ajutorul unui dispozitiv de ajustare în funcţie de lăţimea străzii iluminate şi în funcţie de distanţa dintre stîlpi.

Datorită acestui sistem de oglinzi, se poate modifica convenabil distribuţia fluxului luminos, astfel încît corpurile de iluminat de tip H.R.C. să poată fi utilizate atît pentru străzi largi, cît şi pentru străzi înguste.

Aceste corpuri de iluminat sînt ermetic închise, protejate împotriva umidităţii printr-o piesă de sticlă care contribuie de asemenea la ferirea lămpii de praf şi murdărire. Aceasta face ca lampa să necesite o curăţire la intervale mari de timp.

Reflectoarele de aluminiu sînt vopsite în interior în alb, iar în exterior în gri deschis.

Corpurile se realizează în următoarele variante:

— cu suspensie centrală, înşurubată cu o flanşă de suspensie de 3/4″ sau 1″ (fig. 4.6, *a*);

— cu suspensie centrală, cu flanşă de 1″ sau 1,1/2″, avînd pe ea un capac în care se pune condensatorul şi bobina (fig. 4.6, *b*);

— cu suport cotit (fig. 4.6, *c*);

— cu suport cotit şi cu capac în care se pune condensatorul şi bobina (fig. 4.6, *d*).

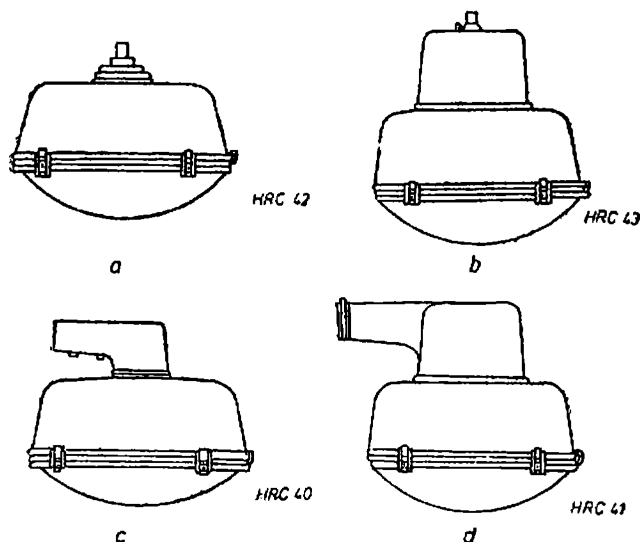


Fig. 4.6. Corp de iluminat tip HRC.

Principalele caracteristici ale lămpilor H.R.C. sînt indicate în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1

Principalele caracteristici ale lămpilor HRC

Tipul corpului de iluminat	Puterea lămpii cu vapori de Hg W	Masa (kg)	Tensiunea nominală V	Tensiunea în gol V	Curent nominal A	cos φ	Curent de pornire A	Pierderi W
H.R.C. 40	250	8,15	118	220	4,2	0,6	6,7	22
			125		3,7	0,6	5,8	19
	400	8,15	220	220	3,2	0,6	5,5	19
H.R.C. 41	250	10,75	110	220	4,2	0,6	6,7	22
			125		3,7	0,6	5,8	19
	400	10,75	220	220	3,2	0,6	5,5	19
H.R.C. 43	250	7,25	110	220	2,6	0,95	4,00	22
			125		2,3	0,95	3,50	19
	400	9,75	220	220	2,1	0,9	3,5	19

În fig. 4.7 şi 4.8 este prezentat corpul de iluminat H.R.F., similar de asemenea tipului Philips, care poate fi echipat cu lămpi cu vapori de mercur de 250 şi 400 W.

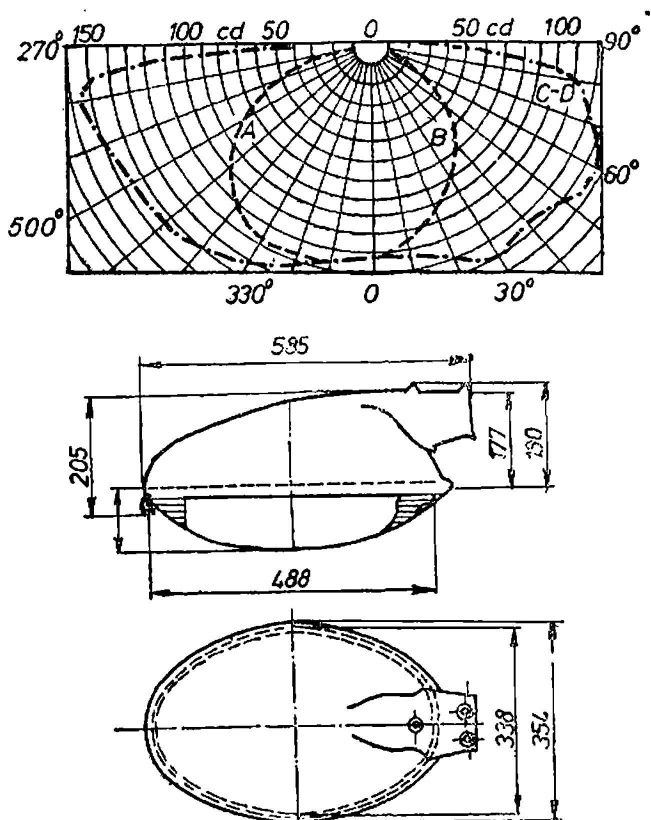


Fig. 4.7. Corp de iluminat tip HRF-40 LVM-250.

Corpul de iluminat este închis, prevăzut cu oglinzi de aluminiu, fin prelucrate. Montarea pe consolă se face cu un cîrlig de aluminiu. Lungimea cîrligului este de 48—60 mm. În plan orizontal se permite un reglaj unghiular de $\pm 2°$.

Corpul de iluminat H.R.F. se poate adapta la diferite tipuri de stîlpi.

Iluminarea maximă pe o suprafață plană se obține atunci cînd înclinația brațului față de suprafața orizontală este de 10°.

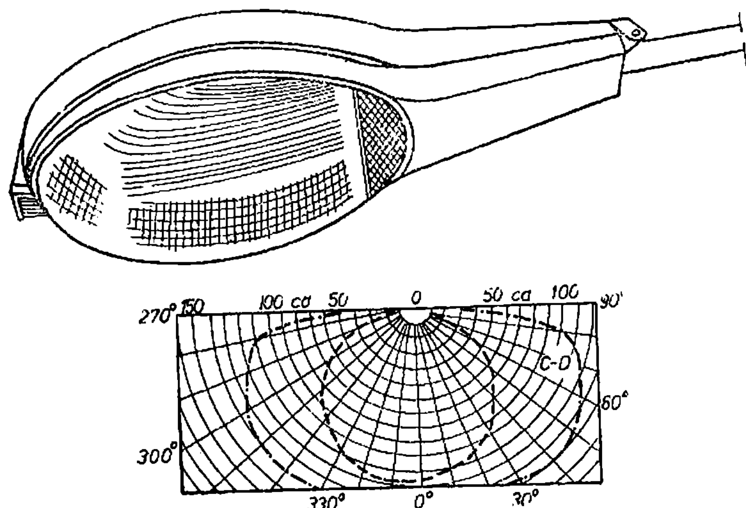


Fig. 4.8. Corp de iluminat tip HRF-40 LVM-400.

În fig. 4.9 este reprezentat corpul de iluminat închis de tip IEV-1250, care se echipează cu lămpi de 250 W. Factorul de putere este 0,55.

În tabelul 4.2 sînt prezentate caracteristicile tehnice ale corpurilor de iluminat tip P.V.A.-2 a, în care se mon-

Tabelul 4.2

Caracteristicile tehnice ale corpurilor de iluminat tip PVA — 2 a

Tip	Tensiunea nominală V	Frecvența Hz	Puterea nominală W	Modul de montaj al condensatorului	Factor de putere cos φ	Dimensiuni de gabarit mm	Masa kg
PVA 2a—1 250	220	50	1×250	— fără — în paralel	0,55 0,96	690×394× ×280	10,5 11
PVA 2a—1 400	220	50	1×400	— fără — în paralel	0,60 0,93	690×394× ×280	12 12,5

tează o lampă cu vapori de mercur de 250 W sau 400 W (fig. 4.10).

Caracteristicile tehnice ale corpurilor de iluminat P.V.B.-7 (fig. 4.11) sînt indicate în tabelul 4.3.

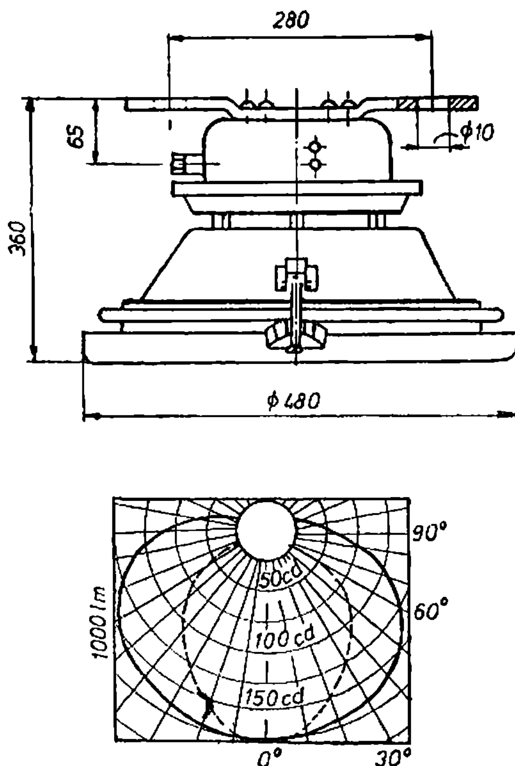
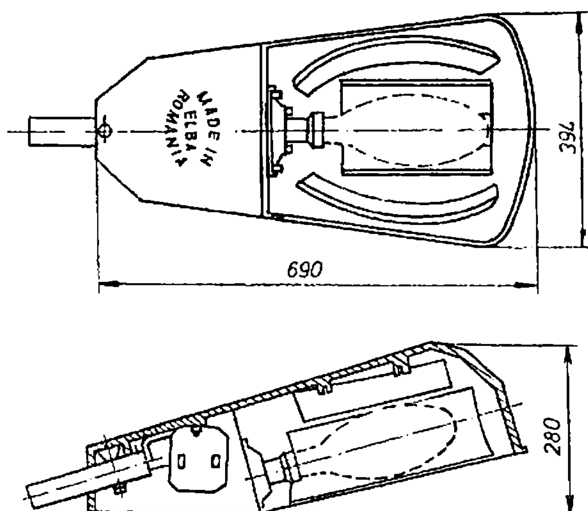


Fig. 4.9. Corp de iluminat tip IEV-1250.

Aceste corpuri se pot executa în trei variante de montaj: consolă (c), prelungirea stîlpului (p) şi suspendat (s).

Corpurile de iluminat P.V.D. sînt echipate cu o lampă cu vapori de mercur de 250 W şi sint prevăzute cu dispersor de sticlă (fig. 4.12). Factorul de putere este 0,55.



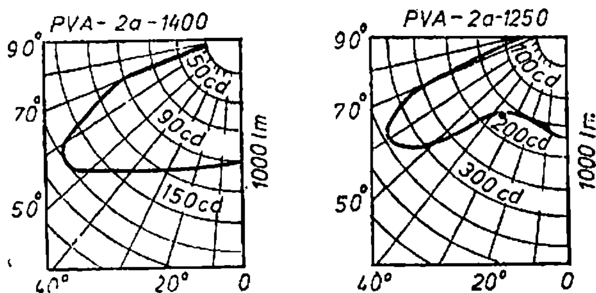


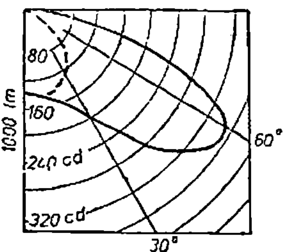
Fig. 4.10. Corp de iluminat PVA-2a.

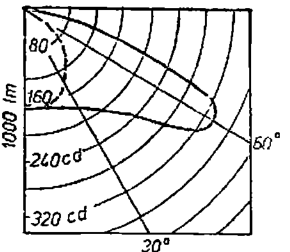
Corpurile tronconice, reprezentate în fig. 4.5 pot fi echipate și cu lămpi cu vapori de mercur de 125 W sau 250 W (tip P.V.T.). De asemenea, corpurile folosite pentru lămpile cu incandescență pot fi folosite și în cazul lămpilor cu vapori de mercur de înaltă presiune.

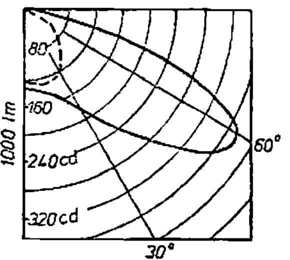
Tabelul 4.3

Caracteristicile tehnice ale corpurilor de iluminat tip PVB — 7

Tip	Tensiunea nominală	Frecvența	Lampa		Factor de putere cos φ	Diametru de montaj al stîlp. sau al cablului	Dimensiuni de gabarit			
	V	Hz	buc.	puterea W		mm	L mm	I mm	B mm	H mm
PVB—7Ap—1 400	220	50	1	400	0,9	60 și 76	980	625	410	356
PVB 7Ac—1 400	220	50	1	400	0,9	76	980	625	410	356
PVB—7As—1 400	220	50	1	400	0,9	12	625	625	410	560
PVB 7Ap—2 250	220	50	2	250	0,9	60 și 76	980	625	410	356
PVB—7Ac—2 250	220	50	2	250	0,9	76	980	625	410	356
PVB—7As—2 250	220	50	2	250	0,9	12	625	500	410	560
PVB—7Bp 1 250	220	50	1	250	0,9	48 și 60	828	500	360	325
PVB—7Bc—1 250	220	50	1	250	0,9	60	828	500	360	325







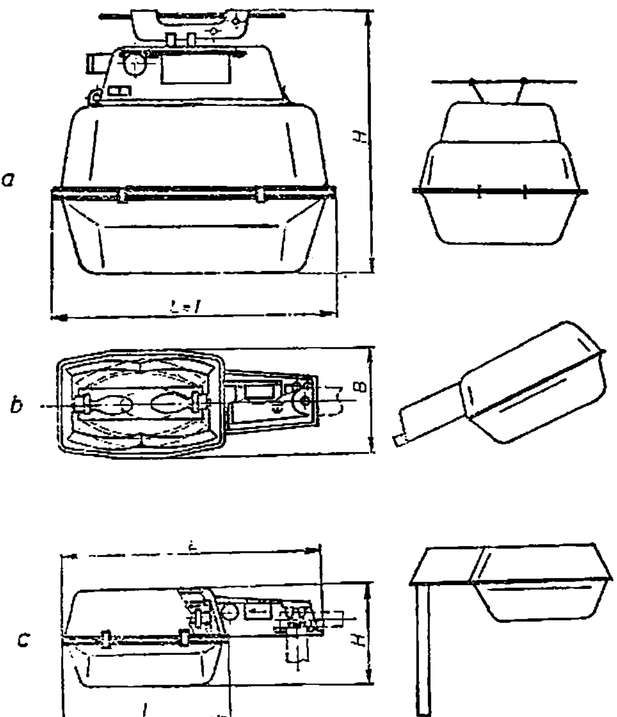


Fig. 4.11. Corp de iluminat tip PVB-7:
a — suspendat (s); *b* — în prelungirea stîlpului (p); *c* — în consolă (c).

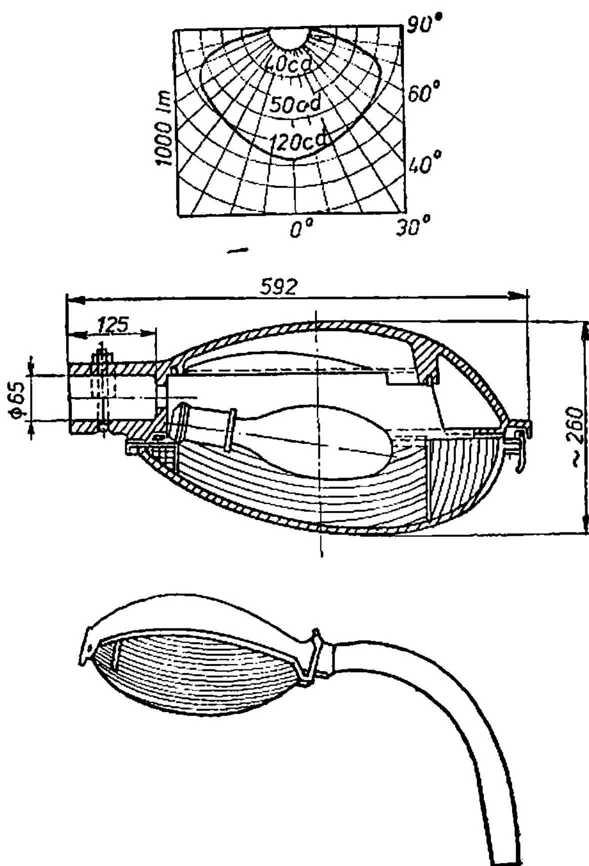


Fig. 4.12. Corp de iluminat PVD.

4.6. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu vapori de mercur şi sodiu

Corpul de iluminat produs în ţară P.V.S.B.-7A se compune din două părţi: armătură şi carcasă, realizate din aluminiu turnat, vopsite gri lovitură de ciocan (fig. 4.13)

Armătura conţine subansamblul optic etanşat printr-un dispersor din polimetacrilat clar transparent. Distribuţia intensităţilor luminoase poate fi reglată, deci poate fi adaptată la condiţiile impuse de forma geometrică şi natura suprafeţei de iluminat.

În carcasă este montat aparatajul de aprindere şi funcţionare, de compensare şi conectare.

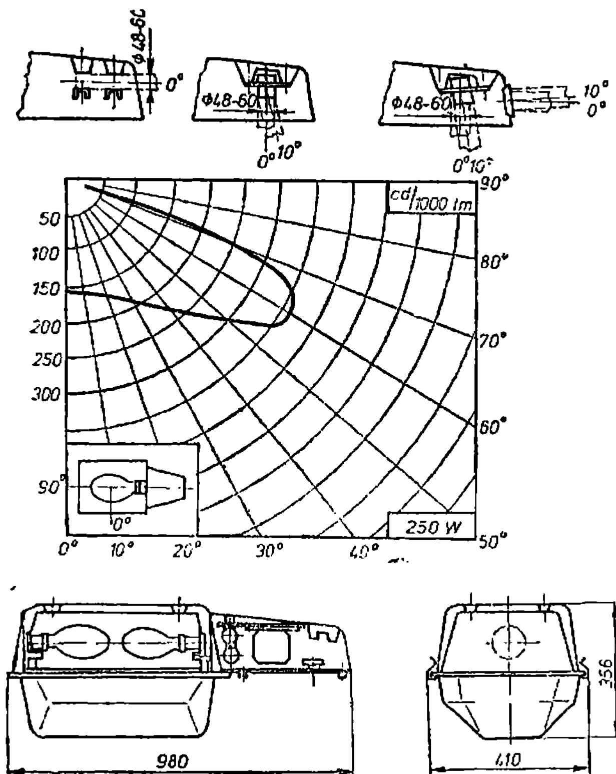


Fig. 4.13. Corp de iluminat tip PVSB-7A.

Corpul de iluminat se execută în următoarele variante de montaj: consolă (c), prelungirea stîlpului (p) şi consolă-prelungire (p.c.).

Corpul se utilizează pentru iluminatul de exterior, şosele, pieţe (în grup de 2—6 bucăţi), depozite etc. Se pot realiza nivele de iluminare cu E_{mediu} 5—15 lx.

Aceste corpuri permit realizarea unei economii de energie electrică de pînă la 50% prin stingerea în timpul nopţii a unei lămpi.

În tabelul 4.4 sînt indicate principalele caracteristici tehnice ale corpurilor tip P.V.S.B.-7A.

Tabelul 4.4

Caracteristicile tehnice ale corpurilor de iluminat tip PVSB-7A

Caracteristici	PVSB-7A—2×250	PVSB-7A—250 VM+250 VS	PVSB—7A—125 VM+250VS
Puterea nominală, W	500	500	400
Tensiunea nominală, V	220	220	220
Frecvenţa nomială, Hz	50	50	50
Gradul de prot. armătura	IP.43	IP.43	IP.43
carcasa	IP.22	IP.22	IP.22
Clasa de protecţie	I	I	I
Factor de putere	0,85	0,85	0,85
Masa, kg	22,9	22,9	21,5
Înălţimea stîlpului, m	10—12	10—12	10—12

5. Suporturi pentru instalaţiile de iluminat public

Corpurile de iluminat destinate iluminatului public, în funcţie de construcţia lor pot fi fixate lateral pe trotuar sau suspendate deasupra axului străzii.

Suporturile folosite pentru susţinerea corpurilor de iluminat trebuie să îndeplinească o serie de condiţii cum ar fi de exemplu:

— rigiditate şi rezistenţă la şocuri mecanice şi vibraţii;

— acces la corpul de iluminat şi la sursa luminoasă pentru întreţinere, cît mai comod şi fără a stînjeni pe cît posibil circulaţia pe drumurile publice;

— preţ de cost cît mai scăzut.

În plus, corpul de iluminat şi suportul său trebuie să formeze un ansamblu bine proporţionat, care să se încadreze cît mai armonios în estetica străzii.

În ultima vreme se evită suspendarea corpurilor de iluminat, deoarece această soluţie răspunde mai puţin satisfăcător actualelor necesităţi.

Suporţii unei instalaţii de iluminat sînt constituiţi din stîlpi, elemente de prindere a corpului de iluminat şi console pentru susţinerea reţelei de iluminat.

5.1. Stîlpi

Stîlpii care se utilizează pentru susţinerea instalaţiilor de iluminat public se pot clasifica după materialul din care sînt confecţionaţi şi după destinaţia pe care o au.

Materialele folosite pentru realizarea stîlpilor sînt de obicei betonul, oţelul şi lemnul.

Stîlpii din beton se confecţionează din beton vibrat, centrifugat sau precomprimat.

Principalele avantaje ale folosirii stîlpilor din beton constau într-o comportare foarte bună în mediu coroziv şi întreţinere redusă, ceea ce permite folosirea lor chiar şi în zone foarte poluate. Totodată preţul de cost este relativ redus.

Stîlpii de beton prezintă însă ca inconveniente un aspect puţin estetic, imposibilitatea de a se obţine înălţimi mari şi o masă relativ ridicată, ceea ce antrenează dificultăţi de transport şi de manipulare.

Stîlpii din ţeavă de oţel sînt avantajoşi din punct de vedere al rezistenţei la şocuri şi vibraţii, precum şi datorită formei zvelte, foarte estetică, însă utilizarea lor prezintă următoarele dezavantaje:

— ţeava este un material deficitar;

— necesită o întreţinere pretenţioasă, fiind necesară protejarea contra coroziunii prin galvanizare la cald, metalizare sau vopsire cu vopsea de bună calitate (pe bază de ulei de in, vopsea de cromat de zinc, vopsea pe bază de materiale plastice etc.).

Stîlpii din lemn deși ieftini, au o durată de viață relativ mică și un aspect în general necorespunzător din punct de vedere estetic. Acești stîlpi se folosesc din ce în ce mai puțin.

În afara tipurilor amintite, se pot folosi și stîlpi din aluminiu sau mase plastice armate cu fibre din sticlă, care prezintă avantaje nete atît în privința transportului, montajului și întreținerii, cît și de natură estetică. Datorită costului lor destul de ridicat, aceste soluții sînt însă deocamdată mai puțin răspîndite.

După destinația pe care o au, stîlpii folosiți în iluminatul public pot fi de mai multe feluri:

— *stîlpi liberi*, care se verifică în ceea ce privește rezistența mecanică, la acțiunea vîntului;

— *stîlpi care susțin conductoarele* pentru iluminatul exterior, calculați după prescripțiile generale pentru liniile aeriene;

— *stîlpi pentru construcții*, care trebuie calculați atît la sarcinile lor de bază, cît și la sarcina suplimentară dată de conductoarele și de cablurile montate pe ei pentru iluminat.

5.2. Elemente de prindere a corpurilor de iluminat

Elementele de prindere trebuie să asigure și să mențină în permanență poziția corectă a corpului de iluminat. Acestea pot fi fixe sau reglabile.

Elementele de prindere destinate iluminatului public cu lămpi cu incandescență pot fi pentru fixare pe stîlp (brațe) sau pentru suspendare axială.

În fig. 5.1—5.3 sînt prezentate principalele tipuri de brațe folosite în România pentru fixarea pe stîlpi a corpurilor de iluminat cu lămpi cu incandescență.

În tabelul 5.1 sînt indicate cotele referitoare la brațul tip cîrjă, reprezentat în fig. 5.1.

În fig. 5.4 este reprezentat modul de realizare constructivă a unui iluminat axial. Principalele piese folosite pentru suspendarea corpurilor sînt:

— triunghi și pipă cu cîrlig (fig. 5.5, *a* și *b*);

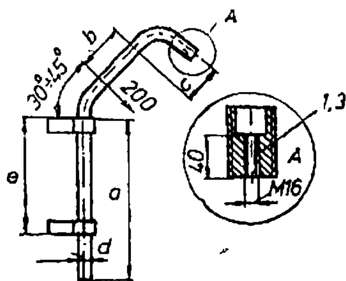
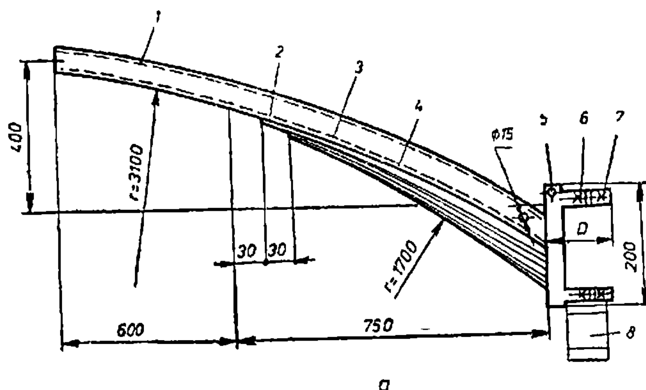


Fig. 5.1. Braț tip cîrjă.



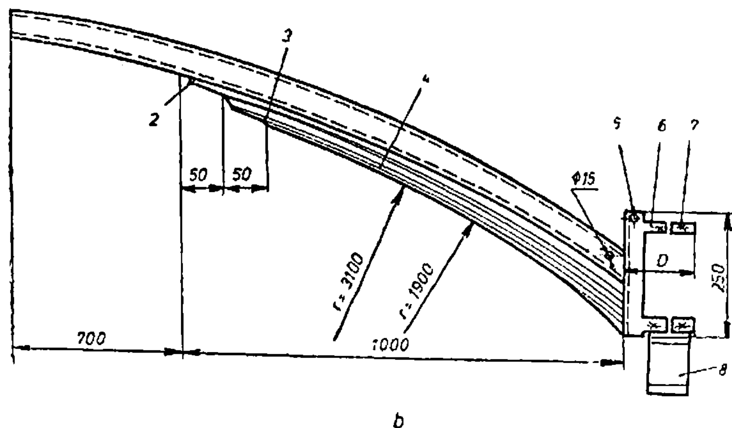


Fig. 5.2. Braț combinat din țeavă:

1 — țeavă de construcție; 2 — contrafișă superioară; 3 — contrafișă mijlocie; 4 — contrafișă inferioară; 5 — placă de susținere; 6 — brățară pt. fixat brațul; 7 — șurub M10×4,5 p; 8 — cutie cu siguranță.

Tabelul 5.1

Cote privind brațul tip cîrjă

Denumirea	Dimensiunile, mm				
	a	*b*	c_{max}	*d*	*e*
Cîrjă mare	1 100	300	229	60×5	950
Cîrjă mică	650	180	180	42×5	550

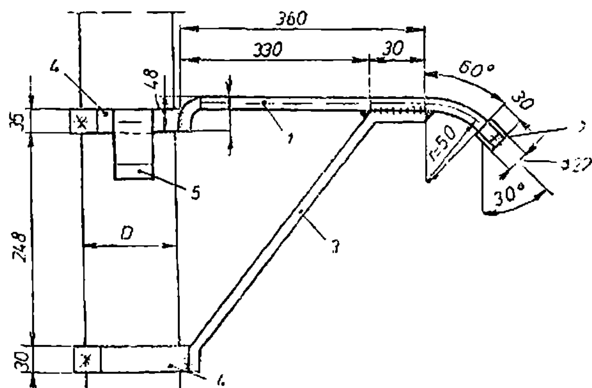


Fig. 5.3. Braț metalic tip 8:
1 — braț; 2 — mufă; 3 — contrafișă; 4 — brățară; 5 — cutie cu siguranță.

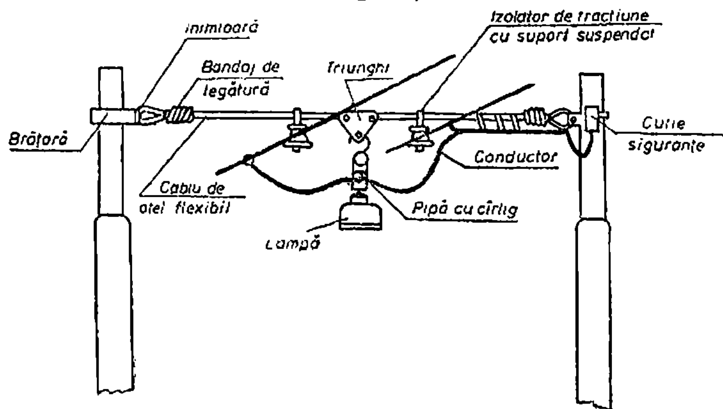
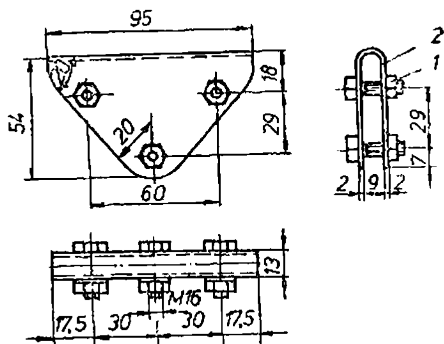
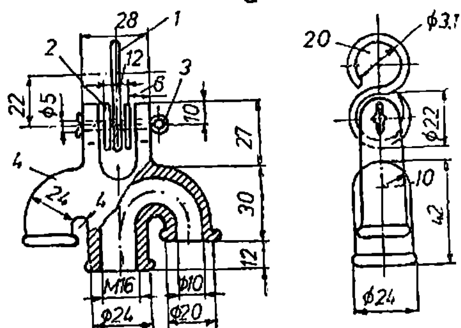
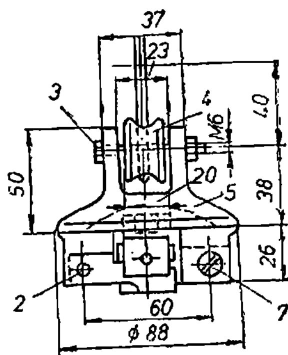


Fig. 5.4. Iluminat axial cu alimentare din rețea aeriană sau subterană.







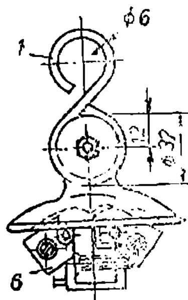


Fig. 5.5. Piese folosite pentru suspendarea corpurilor de iluminat:
a — triunghi:
1 — şurub cu piuliţă; 2 — corp;
b — pipă cu cîrlig:
1 — cîrlig; 2 — izolator; 3 — cui spintecat;
c — armătură cu manşon şi cîrlig:
1 — cîrlig din sîrmă de oţel; 2 — fişă de fixare; 3 — şuruburi cu piuliţă; 4 — izolator; 5 — corp; 6 — manşon din porţelan; 7 — şurub cu cap înecat.

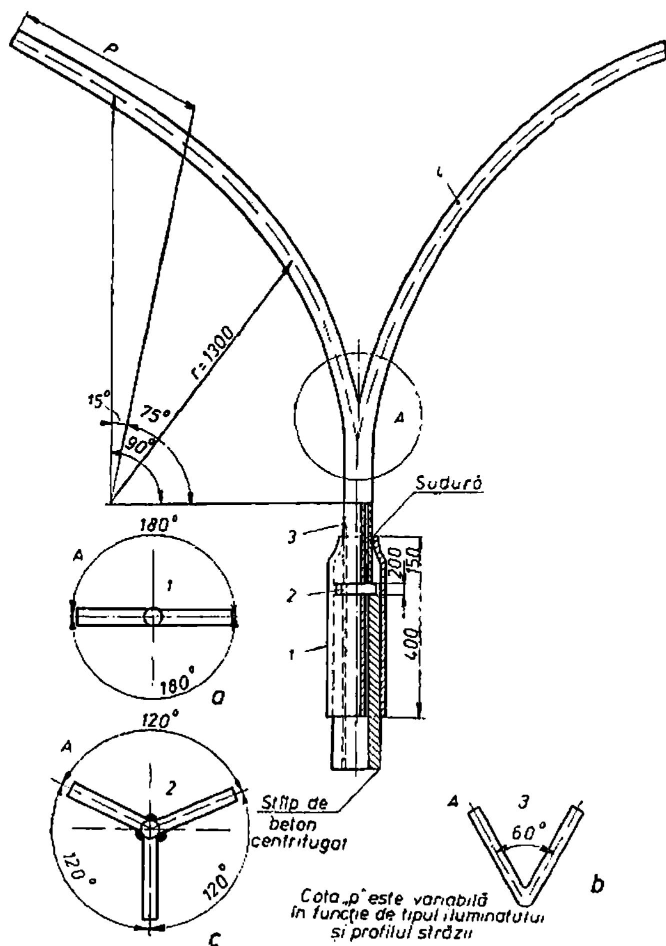


Fig. 5.6. Prelungire din țeavă cu una, două, sau trei brațe, pe stîlpi din beton:

1 — îmbrăcăminte din tablă; 2 — inel de oprire; 3 — prelungire; 4 — braț din țeavă.

— triunghi şi armătură cu manşon şi cîrlig (fig. 5.5, *a* şi *c*).

Elementele de prindere destinate iluminatului public cu vapori de mercur sînt de obicei pentru fixare pe stîlp. În fig. 5.6 este prezentată o prelungire din ţeavă pentru stîlpi de beton cu unu, două sau trei braţe.

6. Partea electrică a instalaţiilor de iluminat public

6.1. Alimentarea cu energie electrică

Instalaţiile electrice pentru iluminat public sînt alimentate în general din reţeaua de medie tensiune a localităţilor prin transformatoare de medie şi joasă tensiune. Aceste transformatoare alimentează de regulă, atît instalaţiile de iluminat public, cît şi cele de iluminat şi utilizări casnice.

6.1.1. *Reţeaua de alimentare a surselor de lumină*

Realizarea reţelei de alimentare poate fi privită sub mai multe aspecte: trifazată, bifazată, sau monofazată, comună cu reţeaua de distribuţie publică sau separată, aeriană sau subterană, buclată sau radială etc.

Alegerea sistemului de distribuţie monofazată, bifazată sau trifazată pentru reţeaua de iluminat public trebuie să fie foarte bine justificată şi ea este determinată de rezultatele unui calcul tehnico-economic.

Este lesne de înţeles faptul că pentru o aceeaşi putere transportată de o reţea, pierderile de putere şi de energie sînt mai mici dacă reţeaua este trifazată decît dacă este monofazată sau bifazată (la aceeaşi tensiune a reţelei).

Pentru exemplificare să considerăm reţelele din fig. 6.1 alimentînd sarcini concentrate la capătul aval al liniei şi pentru simplificare să considerăm că:

— puterea distribuită de cele trei reţele este aceeaşi şi la aceeaşi tensiune;

— sarcina este în toate cazurile rezistivă, deci $\cos \varphi=1$;

— sarcina este perfect echilibrată, deci curenții sînt egali pe cele trei faze în cazul rețelei trifazate, respectiv pe cele două faze în cazul celei bifazate;

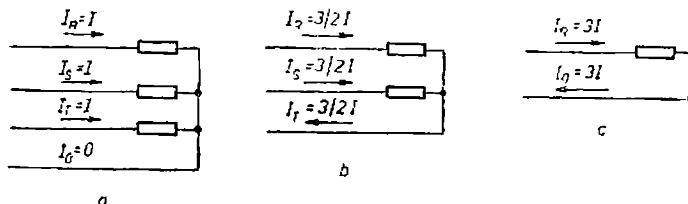


Fig. 6.1. Rețele de alimentare a iluminatului public:
a — trifazată; b — bifazată; c — monofazată.

— conductoarele de fază și de nul sînt identice ca material, lungime și secțiune și au deci aceeași rezistență echivalentă.

Se notează:

R, S, T, O — cele trei faze și neutrul;

I_R, I_S, I_T, I_O — curenții care circulă pe cele trei faze, respectiv prin conductorul neutru;

U_f — tensiunea de fază (simplă sau între fază și nul);

R — rezistența unei faze, respectiv a conductorului neutru.

● Dacă notăm pentru *rețeaua trifazată* (fig. 6.1, *a*)

$$I_R=I_S=I_T=I,$$

atunci $I_O=0$, iar puterea distribuită de rețea va fi

$$P=U_fI_R+U_fI_S+U_fI_T=3U_fI \tag{6.1}$$

și pierderea de putere în rețea, ΔP_{trif} va avea expresia:

$$\Delta P_{trif}=3RI^2. \tag{6.2}$$

● Pentru *rețeaua bifazată* (fig. 6.1, b) puterea distribuită va fi:

$$P=3U_fI=U_fI_R+U_fI_S=U_f(I_R+I_S), \tag{6.3}$$

deci:

$$I_R=I_S=\frac{3}{2}I,$$

$$I_O=\frac{3}{2}I,$$

iar pierderea de putere în reţea, ΔP_{bif} va fi

$$\Delta P_{bif}=3R\left(\frac{3}{2}I\right)^2 I)^2=6,75\ RI^2. \qquad (6.4)$$

● Pentru *reţeaua monofazată* (fig. 6.1, *c*)

$$P=3U_f I=U_f I_R, \qquad (6.5)$$

deci $I_R=I_O=3I$,
iar pierderile de putere

$$\Delta P_{monof}=2R(3I)^2=18RI^2. \qquad (6.6)$$

Centralizat, rezultatele sînt prezentate în tabelul 6.1.

Tabelul 6.1

Compararea pierderilor de putere pentru reţele trifazate, bifazate şi monofazate

Reţea	I_R	I_S	I_T	I_O	P	ΔP	$\frac{\Delta P}{\Delta P_{trif}}$
Trifazată	I	I	I	0	$3U_f I$	3 RI^2	1
Bifazată	1,5I	1,5I	—	1,5I	$3U_f I$	6,75 RI^2	2,25
Monofazată	3I	—	—	3I	$3U_f I$	18 RI^2	6

Rezultă deci că într-o reţea trifazată perfect echilibrată pierderile de putere sînt mai mici de 2,25 ori decît cele dintr-o reţea bifazată cu fazele egal încărcate şi de şase ori decît cele dintr-o reţea monofazată, dacă se transportă aceeaşi putere, iar conductoarele reţelelor sînt identice.

De regulă atunci cînd numărul lămpilor pentru iluminat este suficient de mare, se realizează o rețea de iluminat trifazată, la care sarcina se repartizează pe cele trei faze în vederea echilibrării (v. paragraful 6.1.2); este posibilă în acest caz și reducerea parțială a iluminatului public prin deconectarea uneia din cele trei faze.

Atunci cînd numărul lămpilor este mic, sarcina este redusă, iar dezechilibrul produs este nesemnificativ și nu justifică o investiție suplimentară pentru realizarea unei rețele trifazate, alimentarea se face printr-o rețea monofazată.

În soluția în care din postul de transformare se pleacă în mai multe direcții prin plecări monofazate pentru iluminatul public, acestea se realizează cu faze diferite.

Pentru alimentarea lămpilor în iluminatul public se poate folosi rețeaua de distribuție publică sau se construiește o rețea separată. În acest ultim caz, alimentarea rețelei se face din postul de transformare sau printr-o derivație din rețeaua de distribuție de joasă tensiune, prin intermediul unui punct de aprindere.

Existența unei rețele separate pentru iluminatul public prezintă următoarele dezavantaje:

— grad de utilizare a rețelei redus, datorită faptului că jumătate dintr-un an calendaristic (ziua) rețeaua este scoasă de sub tensiune;

— efort de investiții sporit în rețeaua de joasă tensiune, pe lîngă rețeaua de distribuție apărînd și cea de iluminat public;

— pentru reducerea investițiilor suplimentare rețeaua de iluminat public se execută de cele mai multe ori monofazat, ceea ce atrage după sine pierderi suplimentare datorită imposibilității echilibrării încărcării fazelor.

Rețelele de iluminat public se pot realiza aerian sau subteran (în cablu).

Realizarea *aeriană* a rețelei de iluminat public necesită un efort de investiție mai mic decît soluția în cablu, iar în exploatare permite localizarea și remedierea relativ rapidă a unor eventuale defecte.

Rețelele *subterane* fiind mai puțin expuse la loviri, poluare, intemperii (vînt, chiciură etc.) se întrețin însă mai ușor decît cele aeriene.

Prin urmare o decizie în privința alegerii soluției de realizare a rețelei de iluminat public se poate lua numai pe baza unui calcul tehnico-economic.

Pe de altă parte însă trebuie să se țină seama și de concepția arhitecturală a zonei, care de multe ori impune adoptarea soluției alimentării subterane ca fiind mult mai estetică.

Rețelele de iluminat public se pot realiza *buclate* sau *radiale*.

În general, rețelele subterane se construiesc cu posibilitate de buclare (alimentare de la două capete) din același post de transformare sau din posturi de transformare diferite, dar funcționează radial. Buclarea se recomandă deoarece în cazul apariției unui defect în rețea depistarea, izolarea și remedierea defecțiunii poate dura destul de mult comparativ cu liniile aeriene.

Amplasarea punctelor de secționare a buclelor se face în cutii metalice dispuse la baza stîlpilor sau în nișe amenajate în zidul construcțiilor din apropiere; tot în cutii metalice special amenajate, amplasate de obicei la partea superioară a stîlpului sau în interiorul corpului de iluminat se montează bobina de șoc și siguranța.

Rețelele aeriene, la care localizarea și remedierea unui defect durează mult mai puțin decît la cele în cablu și deci nu se pune problema asigurării alimentării dintr-o altă sursă în această perioadă, se construiesc de obicei radiale.

6.1.2. *Racordarea lămpilor la rețeaua de iluminat*

Tensiunea de alimentare a rețelei de iluminat public este de regulă 220/380 V, racordarea lămpilor făcîndu-se la 220 V. Pentru ca performanțele fotometrice ale lămpilor să se mențină în limite acceptabile, rețeaua de iluminat se dimensionează (conform actualelor reglementări din țara noastră) astfel încît în condițiile unei încărcări maxime în regim de funcționare, cea mai îndepărtată lampă față de sursă să fie alimentată cu o tensiune de cel puțin 0,95 U_n în cazul unei rețele în cablu subteran, respectiv de 0,93 U_n în cazul unei rețele aeriene din localități cu

mai mult de 1 000 locuitori şi 0,9 U_n în cazul unei reţele aeriene din localităţi cu mai puţin de 1 000 locuitori.

Toate corpurile de iluminat se protejează cu siguranţe fuzibile, a căror realizare şi amplasare se face astfel încît să permită efectuarea lucrărilor de întreţinere şi exploatare în condiţiile unei depline securităţi a personalului.

Pentru îmbunătăţirea factorului de putere scăzut, caracteristic lămpilor cu descărcări în gaze, în cazul folosirii acestora ca surse de lumină se montează condensatoare, amplasarea lor făcîndu-se în interiorul corpului de iluminat sau în cutia cu bobina de şoc şi siguranţe.

În cazul folosirii unei reţele trifazate de o deosebită importanţă este *echilibrarea încărcărilor fazelor*, realizată prin repartiţia corespunzătoare a lămpilor pe cele trei faze. Această repartiţie corespunzătoare se referă atît la numărul lămpilor racordate pe fiecare fază cît şi la modul de realizare a succesiunii fazelor de racordare. Importanţa acestui lucru rezultă din exemplul următor.

Se consideră o reţea trifazată de iluminat ce alimentează 18 lămpi cu incandescenţă (deci sarcini monofazate pur ohmice) repartizate pe faze în trei variante. În fiecare din variante sînt cîte şase sarcini pe fiecare fază. Se consideră că rezistenţa conductorului neutru este egală cu rezistenţa R a fiecărui conductor de fază şi că cele 13 tronsoane ale liniei au lungimi egale, astfel încît şi rezistenţele r ale fiecărui conductor de fază sau de nul, corespunzătoare fiecărui tronson al liniei vor fi egale.

Sarcina aferentă unei lămpi se consideră i.

Cele trei varinte de repartizare a sarcinii totale pe faze rezultă din fig. 6.2, 6.3 şi 6.4.

Se calculează pierderile de putere activă pe linie în fiecare din cele trei variante, rezultatele fiind consemnate în tabelele 6.2, 6.3 şi 6.4 şi centralizate în tabelul 6.5.

Fig. 6.2. Varianta I de repartizare a receptoarelor pe cele trei faze.

Analiza rezultatelor indică pierderi de putere maxime în cazul primei variante (cu peste 60% mai mari decît în cazul celorlalte varinte). În plus pierderile de putere pe cele trei faze nu sînt egale, fiind minime pe faza R

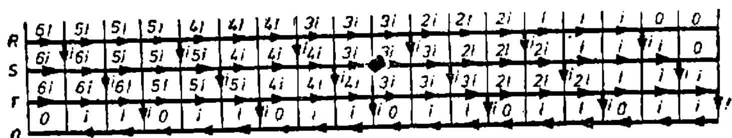


Fig. 6.3. Varianta a II-a de repartizare a receptoarelor pe cele trei faze (distribuţie RST).

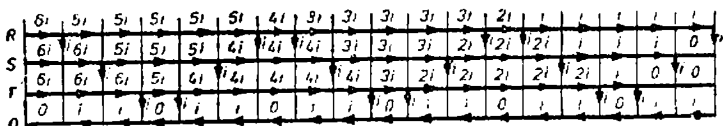


Fig. 6.4. Varianta a III-a de repartizare a receptoarelor pe cele trei faze (distribuţie RSTTSR sau în U).

(la care distanţele sarcinilor faţă de sursă sînt minime) şi maxime pe faza T (la care distanţele sarcinilor faţă de surse sînt maxime).

În celelalte două variante pierderile de putere activă totale în reţea sînt egale.

Din punctul de vedere al uniformităţii pierderilor de putere pe faze, în varianta a III-a acestea sînt mai apropiate între ele decît în varianta a II-a şi adoptarea acestei variante conduce la pierderi de tensiune mai uniforme pe cele trei faze, permiţînd o funcţionare normală a tuturor receptoarelor racordate la reţea, indiferent de faza din care sînt alimentate.

Se poate spune deci că repartizarea receptoarelor conform schemei din fig. 6.4, caracterizată prin continua inversare a succesiunii fazelor la care se racordează cel de al patrulea receptor monofazat (deci o distribuţie de tipul RST, TSR, RST denumită uneori şi *„distribuţie în U“*) este mai avantajoasă decît repartizarea conform schemei din fig. 6.3, caracterizată prin ordinea de racordare RST, RST, RST.

Pierderile de putere activă în diferitele elemente ale liniei

Faza	Pierderile de putere								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
R	36 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	ri^2	0	0	0
S	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	16 ri^2
T	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2
Nul	0	ri^2	4 ri^2	9 ri^2	16 ri^2	25 ri^2	36 ri^2	31 ri^2	28 ri^2
Total	108 ri^2	98 ri^2	92 ri^2	90 ri^2	92 ri^2	98 ri^2	108 ri^2	92 ri^2	80 ri^2

Pierderile de putere activă în diferitele elemente ale liniei

Faza	Pierderile de putere								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
R	36 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	9 ri^2	9 ri^2
S	36 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	9 ri^2
T	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2
Nul	0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2
Total	108 ri^2	98 ri^2	87 ri^2	75 ri^2	67 ri^2	58 ri^2	48 ri^2	42 ri^2	35 ri^2

Pierderile de putere activă în diferite elemente ale liniei

Faza	Pierderile de putere								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
R	36 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	9 ri^2	9 ri^2
S	36 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	9 ri^2
T	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2	16 ri^2
Nul	0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2
Total	108 ri^2	98 ri^2	87 ri^2	75 ri^2	67 ri^2	58 ri^2	48 ri^2	42 ri^2	35 ri^2

pentru repartiția receptoarelor conform fig. 6.2 *Tabelul 6.2*

activă pe tronsoanele									Total
X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	91 ri^2
9 ri^2	4 ri^2	ri^2	0	0	0	0	0	0	307 ri^2
36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	ri^2	523 ri^2
27 ri^2	28 ri^2	31 ri^2	36 ri^2	25 ri^2	16 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	ri^2	327 ri^2
72 ri^2	68 ri^2	68 ri^2	72 ri^2	60 ri^2	32 ri^2	18 ri^2	8 ri^2	2 ri^2	1 248 ri^2

Tabelul 6.3

pentru repartiția receptoarelor conform fig. 6.3

activă pe tronsoanele									Total
X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	
9 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	0	0	201 ri^2
9 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	0	237 ri^2
9 ri^2	9 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	273 ri^2
0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2	12 ri^2
27 ri^2	23 ri^2	18 ri^2	12 ri^2	10 ri^2	7 ri^2	3 ri^2	3 ri^2	2 ri^2	723 ri^2

Tabelul 6.4

pentru repartiția receptoarelor conform fig. 6.4

activă pe tronsoanele									Total
X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	
9 ri^2	9 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	231 ri^2
9 ri^2	9 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	ri^2	ri^2	ri^2	0	237 ri^2
9 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	4 ri^2	ri^2	0	0	243 ri^2
0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2	0	ri^2	ri^2	12 ri^2
27 ri^2	23 ri^2	18 ri^2	12 ri^2	10 ri^2	7 ri^2	3 ri^2	3 ri^2	2 ri^2	723 ri^2

Tabelul 6.5

Pierderile de putere activă pe fiecare conductor și totale în ipotezele din fig. 6.2, 6.3, 6.4

Element	Faza R	Faza S	Faza T	Nul	Total
Fig. 6.2	91 ri^2	307 ri^2	523 ri^2	327 ri^2	1 248 ri^2
Fig. 6.3	701 ri^2	237 ri^2	273 ri^2	12 ri^2	723 ri^2
Fig. 6.4	231 ri^2	237 ri^2	243 ri^2	12 ri^2	723 ri^2

De aceea este de dorit ca atunci cînd pentru iluminat public se folosește o rețea trifazată, să se utilizeze schema de racordare a lămpilor indicată în fig. 6.4.

Legat de repartizarea corespunzătoare a lămpilor pe cele trei faze în cazul unei rețele trifazate apare problema identificării fazelor. Dacă în cazul unei rețele aeriene acest lucru este determinat printr-un simplu control vizual, situația în cazul rețelelor în cablu este mai complicată și ea impune introducerea unui sistem de etichetare a fazelor, care să fie generalizat la întreaga rețea de distribuție.

6.2. Sisteme de comandă și automatizări

În instalațiile de iluminat public se folosesc diverse sisteme de comandă, alegerea unuia sau altuia făcîndu-se în funcție de categoria localității, specificul și întinderea rețelei de iluminat etc.

Astfel, comenzile se pot transmite prin intermediul unor *fire de comandă* sau cu ajutorul unei *instalații de telecomandă*. Telecomanda constă în injectarea în rețeaua electrică de distribuție a unei tensiuni de frecvență muzicală suprapusă peste tensiunea normală a rețelei, sub formă de impulsuri codificate corespunzător anumitor comenzi de comutare dorite, care trebuie să fie recepționate, interpretate și executate prompt în diferite puncte ale rețelei.

O instalaţie de telecomandă este compusă din generatoare de impulsuri de audiofrecvenţă şi relee receptoare de astfel de impulsuri, montate de regulă chiar lîngă consumatorul electric care trebuie acţionat.

Folosirea telecomenzii la comanda iluminatului public prezintă următoarele avantaje:

— permite renunţarea la o reţea separată de iluminat public, lămpile putînd fi racordate direct la reţeaua de distribuţie de joasă tensiune de utilizare generală din zonă;

— permite reducerea cu 25—60% a cheltuielilor de investiţii şi a celor de exploatare ca urmare a dispariţiei reţelei separate de iluminat public;

— permite o mai bună repartizare a sarcinii pe cele trei faze ceea ce conduce, conform celor arătate în paragraful 6.1.2, la o reducere a pierderilor de putere şi de energie activă în instalaţiile sistemului energetic;

— permite menţinerea unei încărcări cît mai uniforme a fazelor şi la sarcini reduse care apar în cazul stingerii parţiale a iluminatului public, în perioadele cu trafic redus, ceea ce conduce de asemenea la economii substanţiale de energie electrică.

Instalaţiile de telecomandă sînt instalaţii complicate şi deci foarte scumpe, cu atît mai mult cu cît ele trebuie să fie şi foarte sigure, pentru a nu perturba funcţionarea sistemului energetic. De aceea, alegerea sistemului de comandă a iluminatului public trebuie să se facă printr-un calcul tehnico-economic în care să se ţină seama atît de avantajele cît şi de dezavantajele fiecărui sistem în parte.

După modul în care se dă comanda, sistemele de comandă pot fi *manuale* sau *automate*.

La prima grupă comanda aprinderii sau stingerii iluminatului public se dă manual, prin acţionarea unui comutator, de obicei de tip rotativ. La o a doua grupă comanda este dată de către un ceas de contact sau un dispozitiv optic cu celulă fotoelectrică.

Din punct de vedere al locului din care se realizează comanda iluminatului public, se poate vorbi de comandă *locală* şi comandă *centralizată*. În primul caz, dacă reţeaua de iluminat public este alimentată din mai multe posturi de transformare şi funcţionează radial, comanda se face

separat pentru rețeaua aferentă fiecărui post de transformare. În cazul comenzii centralizate, comanda se dă pentru rețeaua unui singur post de transformare și se transmite prin intermediul unor legături fizice și celorlalte rețele; acest sistem constituie ceea ce este cunoscut sub numele de „cascadă".

În cadrul orașelor mari, cascada de aprindere a iluminatului se poate realiza în două variante:

— impulsul se poate propaga din post în post de transformare, cuprinzînd toate punctele de aprindere de pe suprafața orașului respectiv;

— impulsul central dă comandă de aprindere la contactoarele fiecărui punct de alimentare, iar acestea distribuie impulsul fiecărui post de transformare din raza lor.

Instalația care cuprinde aparatajul de conectare, de comandă, protecție etc., prin care se realizează închiderea circuitului și alimentarea rețelei de iluminat public constituie un *punct de aprindere*.

După modul în care se dă comanda de aprindere sau de stingere a iluminatului, punctele de aprindere sînt de două feluri: manuale și automate.

Punctele de aprindere manuală se utilizează de obicei în localități rurale de mică importanță și se montează în general la primul stîlp al rețelei de joasă tensiune sau în cutia de distribuție a postului de transformare.

Punctele de aprindere automată sînt utilizate în special în mediul urban și sînt de două tipuri:

— cu două plecări, utilizate de obicei la posturile de transformare aeriene și atașate cutiei de distribuție sau primului stîlp al rețelei de iluminat;

— cu cinci plecări, tip TDRm, folosite în special pentru rețele alimentate din posturi în cabină și atașate la tabloul de distribuție de joasă tensiune al postului de transformare sau montate în diferite puncte intermediare ale orașului.

În fig. 6.5, *a* este reprezentată schema electrică a unui punct de aprindere automat. Alimentarea circuitului de iluminat se face prin intermediul contactorului *1*, a cărui bobină este înseriată cu contactele ceasului *6* și legată între o fază a sursei și neutru. Contactele ceasului se reglează astfel încît la ora stabilită pentru aprinderea ilu-

minatului public (v. anexa 3) să permită închiderea circuitului şi alimentarea bobinei contactorului, prin anclanşarea căruia se transmite tensiunea întregii reţele de iluminat.

După scurgerea intervalului de timp stabilit şi normat (v. anexa 3), ceasul întrerupe alimentarea bobinei, determinînd declanşarea contactorului şi stingerea iluminatului public. Aprinderea iluminatului înainte de ora stabilită pe ceas sau în cazul defectării ceasului se poate face cu ajutorul întreruptorului *4*, legat în derivaţie cu ceasul *6*. Stingerea iluminatului înainte de ora stabilită pe ceas sau în cazul defectării acestuia se poate face cu ajutorul întreruptorului *5*, montat în serie cu ceasul.

Măsurarea energiei active consumate în reţeaua de iluminat public se face printr-un grup de măsurat alcătuit din transformatoarele de curent *2* şi contorul *3*. Protecţia reţelei de iluminat este realizată de siguranţele *8*, iar a ceasului de contact prin siguranţa *7*.

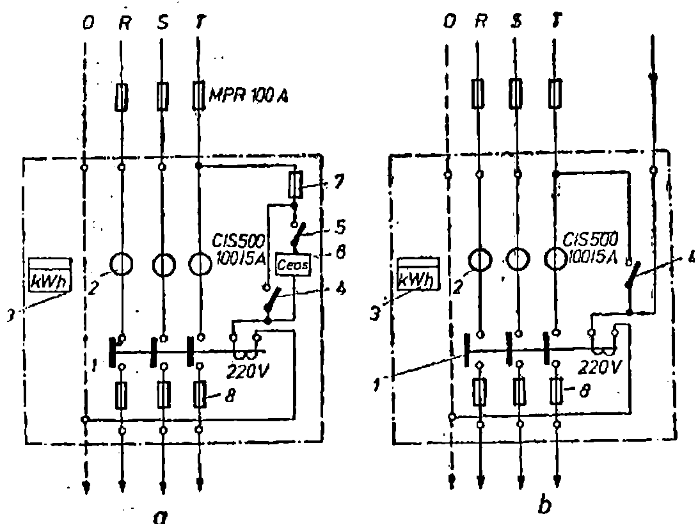


Fig. 6.5. Schema unui punct de aprindere automată:

a — principal; *b* — secundar.

1 — contactor tripolar tip TCA-100 A cu bobină de 220 V; *2* — transformator de curent; *3* — contor de energie activă; *4*, *5* — întreruptoare 10A; *6* — ceas de contact; *7*, *8* — siguranţe.

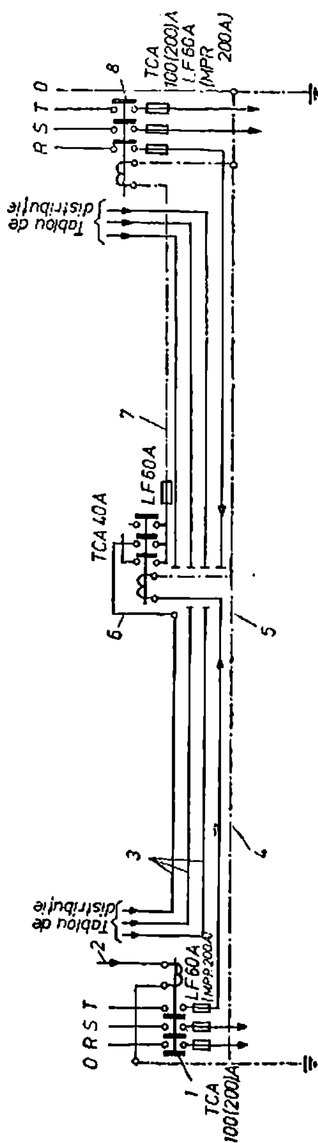


Fig. 6.6. Schemă de realizare a cascadei cu contactor intermediar:

1, 6, 8 — contactor TCA; 2 — impuls primit din rețeaua de 220 V (dat manual prin ceas sau alt mijloc de comandă); 3 — rețea de iluminat particular; 4 — rețea de iluminat public; 5 — punct de separație a rețelelor alimentate din două posturi de transformare alăturate; 7 — conductor suplimentar pentru transmiterea impulsurilor.

Un astfel de punct de aprindere poartă numele de *punct de aprindere principal*, el putînd transmite comanda de aprindere sau stingere și altor puncte de aprindere, în a căror echipare nu intră ceasul de contact. Aceste puncte de aprindere automată poartă numele de *puncte secundare*.

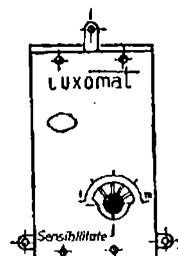
În fig. 6.5, *b* este reprezentată schema unui punct de aprindere automată secundar.

Alimentarea bobinei contactorului *1* este realizată în acest caz tot la 220 V, folosind o fază a rețelei de iluminat comandă dintr-un punct de aprindere automată principal sau un fir suplimentar de impulsuri. Rolul întreruptorului *4* este de a permite aprinderea manuală atunci cînd se dorește acest lucru.

Un mod de transmitere a impulsului de aprindere sau stingere a iluminatului public de la un punct de aprindere (principal sau secundar) la un alt punct de aprindere (secundar) este reprezentat în schema din

fig. 6.6. Manual, de la un ceas de contact sau în alt mod prin intermediul conductorului *2* se comandă închiderea contactorului *1* care determină anclanşarea contactorului intermediar *6* montat în punctul de separaţie a reţelelor alimentate din două posturi de transformare. Bobina contactorului *6* este legată la reţeaua de iluminat public *4*. Închiderea contactorului *6* produce transmiterea impulsului primit de la o fază a reţelei de iluminat particular *3* la bobina contactorului *8* prin intermediul conductorului suplimentar.

În locul ceasului de contact, în punctele de aprindere principale se poate monta un dispozitiv tranzistorizat de comandă automată a iluminatului de tip „Luxomat" (fig. 6.7) care serveşte la cuplarea şi decuplarea iluminatului artificial în funcţie de nivelul iluminării naturale. În momentul în care nivelul iluminării scade sub o anumită valoare prestabilită, sesizată de o fotorezistenţă



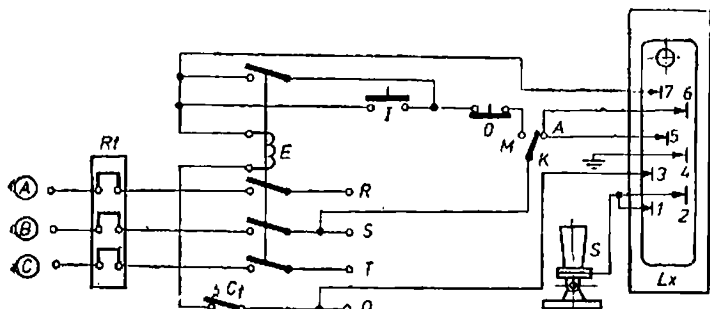


Fig. 6.7. Dispozitiv de comandă automată a iluminatului LUXOMAT:

a — vedere; *b* — schemă de montaj; *K* — comutator cu două poziţii (*M* manual; *A* automat); *Lx* — luxomat; *S* — cap sesizor; *I* — cuplare manuală; *O* — decuplare manuală; *E* — electromagnet contactor; R_t — releu termic; C_t — contact acţionat de releul termic; *R.S.T.O.* — bornele la care se leagă conductoarele de reţea; *A, B, C* — bornele la care se leagă circuitul de serviciu.

de mare sensibilitate, este comandată printr-un releu intermediar de tip RI-8 închiderea contactorului pentru aprinderea iluminatului. În mod analog este comandată stingerea iluminatului.

Acționarea dispozitivului poate fi făcută și manual, prin cele două butoane de comandă *I* și *O*, situație în care comutatorul *K* trebuie să fie pe poziția *M*.

Aparatul are o sensibilitate reglabilă continuu, ceea ce permite o acționare economică a iluminatului public la valori scăzute ale nivelului iluminatului natural. Cuplarea și decuplarea se face cu o temporizare de 5 s, fapt care permite evitarea acționărilor nedorite sub acțiunea unor iluminări accidentale de scurtă durată (fulgere, faruri auto etc.).

Dispozitivul se poate monta direct în locul ceasului de contact, avînd sistem identic de fixare. În vederea adaptării luxomatului la contactorul care conectează circuitul iluminatului, trebuie să se țină seama de caracteristicile electrice ale contactului dispozitivului electric (tensiunea maximă pe contacte 250 V, puterea maximă 125 VA, curentul maxim de conectare 2,5 A).

Se recomandă montarea tubului care conține traductorul de luminozitate spre nord, la circa 30—40° față de verticală, atît pentru a evita depunerea zăpezii cît și pentru a micșora posibilitatea unei iluminări accidentale.

Circulația pe drumurile publice prezintă o perioadă de vîrf în care trebuie asigurate condițiile de iluminat corespunzătoare desfășurării traficului în bune condițiuni. După trecerea acestei perioade de vîrf, circulația se reduce și nu mai necesită o iluminare ca în orele normale; se impun în acest caz măsuri de raționalizare a iluminatului public în anumite zone ca: străzi secundare, parcuri, șosele de mică importanță etc., printr-un *sistem de stingere parțială a iluminatului public.*

În fig. 6.8 este prezentată o schemă de stingere parțială a iluminatului public pentru un sistem format dintr-un punct de aprindere principal și trei puncte de aprindere secundare. Fiecare punct de aprindere este prevăzut cu cîte două contactoare tip TCA, unul destinat comenzii propriu-zise a iluminatului, iar celălalt stingerii

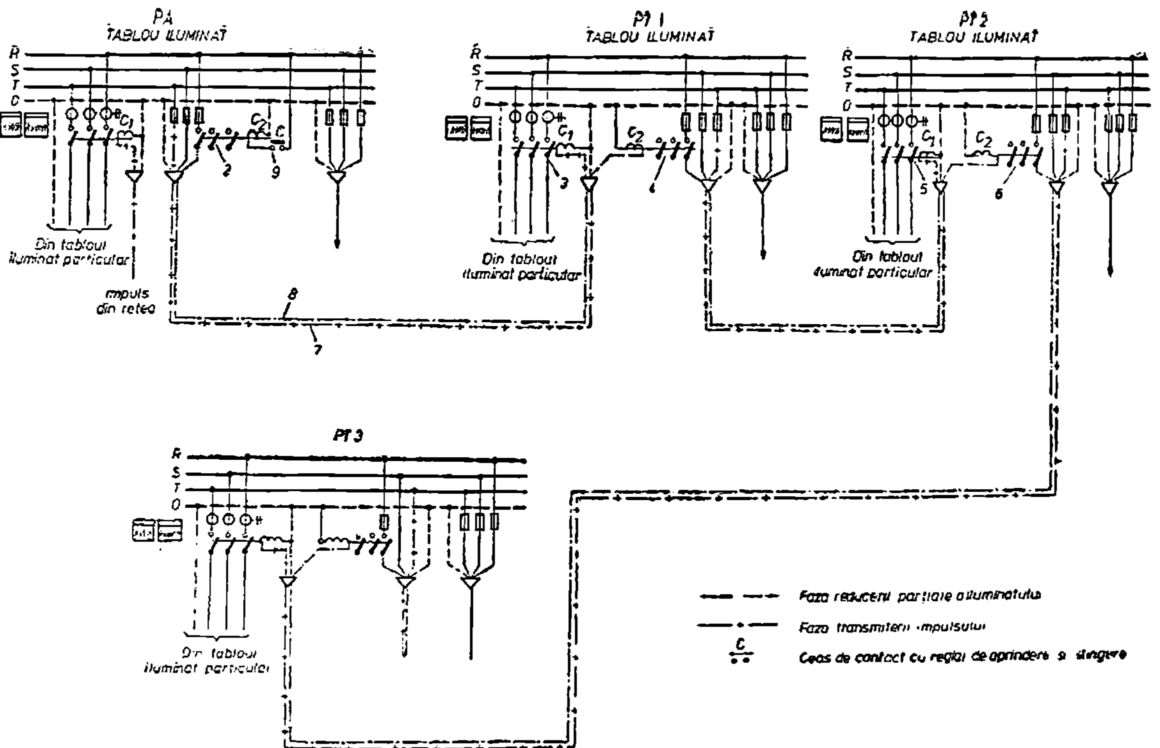


Fig. 6.8. Schema transmiterii impulsului şi reducerea parţială a iluminatului:
1, 2, 3, 4, 5, 6 — contactoare TCA; 7 — fază de reduceri parţiale ale iluminatului; 8 — faza transmiterii impulsului; 9 — ceas de contact.

parțiale a iluminatului. Se pot scoate de sub tensiune cu ajutorul contactoarelor de tip 2, 4, 6, — trei faze — aparținînd la două sau trei circuite separate de iluminat public.

Contactorul C-1, comandat local sau inclus și el într-o cascadă, determină prin închiderea sa punerea sub tensiune a barelor tabloului de iluminat și implicit a circuitelor de iluminat aferente. Prin faza *8*, impulsul de aprindere se transmite contactorului *3* și în mod analog contactorul 5. Prin contactorul *2*, comandat de ceasul de contact *9*, se întrerupe la ora dorită alimentarea unei faze *7* a unui circuit de iluminat. Întreruperea fazei *7* determină deschiderea contactoarelor *4* și *6* și deci reducerea parțială a iluminatului public.

Pentru ca această schemă să poată fi aplicată, este necesar ca fiecare circuit al rețelei de iluminat să aibă cel puțin două conductoare de fază diferite și un conductor de nul.

Stingerea parțială a iluminatului public prin întreruperea uneia sau a două faze conduce însă la pierderi procentuale de putere și energie activă mărite (paragraful 6.1.1).

Prin introducerea unui sistem de telecomandă, fiind posibilă — după cum s-a mai arătat — racordarea lămpilor direct la rețeaua de distribuție de utilizare generală din zonă, se poate comanda stingerea unor lămpi, în mod uniform pe cele trei faze, fără a deranja funcționarea celorlalți consumatori. În felul acesta se pot obține economii suplimentare de energie electrică.

7. Elemente de proiectare a iluminatului public

7.1. Condiții de calitate pentru iluminatul public

Pentru realizarea unui bun iluminat pe o arteră de circulație este necesar ca un conducător auto în viteză să perceapă în mod distinct, cu siguranță și în timp util

toate detaliile și obstacolele ce pot apare pe traseu, fiind totodată avertizat de orice situație periculoasă, fără a fi obligat să folosească propriile sale mijloace de iluminat. Pentru pietoni, vizibilitatea distinctă a bordurii trotuarelor, a vehiculelor, a obstacolelor și absența zonelor de umbră sînt esențiale.

Proiectarea unei instalații de iluminat public trebuie să fie realizată atît pe considerente tehnico-economice cît și estetice. Astfel, se urmărește ca investițiile și cheltuielile de exploatare să fie cît mai reduse, iar sistemul de iluminat, îndeosebi în cazul orașelor, trebuie ales în corelație cu planul de sistematizare și în colaborare cu arhitecții.

Calitatea unei instalații de iluminat este determinată în principal de nivelul de iluminare și de luminanță care trebuie realizat, de uniformitatea acestora la suprafața drumului public și de limitarea orbirii.

Nivelul de iluminare și de luminanță. Stabilirea nivelului de iluminare și de luminanță a căilor de circulație se face în funcție de felul traficului, de importanța localității în care se găsește calea respectivă, precum și de categoria căii.

Tabelul 7.1

Clasificarea arterelor de circulație după intensitatea traficului

Nr. crt.	Categoria străzii	Intensitatea traficului	Numărul de vehicule pe oră și bandă
1.	Stradă de categoria I (magistrală)	— foarte intensă — intensă	peste 600 360—600
2.	Stradă de categoria II-a (de legătură)	— intensă	360—600
3.	Stradă de categoria III-a (colectoare)	— medie	160—360
4.	Stradă de categoria IV-a (de deservire locală)	— redusă — foarte redusă	30—160 sub 30

Astfel, conform „Normativului republican privind folosirea rațională a energiei electrice la iluminatul artificial, precum și în utilizările casnice," arterele de circulație sînt clasificate după intensitatea traficului conform tabelului 7.1.

Valorile nivelurilor de iluminare și luminanță care se aleg la proiectarea unei anumite instalații de iluminat trebuie să corespundă normelor în vigoare.

În tabelul 7.2 sînt indicate principalele caracteristici fotometrice normate în țara noastră pentru iluminatul arterelor de circulație în funcție de intensitatea traficului rutier.

Tabelul 7.2

Principalele caracteristici fotometrice normate în R.S.R. pentru iluminatul arterelor de circulație

Tipul străzii și traficul	L_{med} cd/m²	q	E_{med} lx	K_1	K_2
Străzi în localități urbane					
1. Trafic foarte intens	0,5	0,04—0,087	12—6	0,4	0,2
2. Trafic intens	0,25	0,04—0,087	6—3	0,33	0,2
3. Trafic mediu	0,12	0,04—0,087	3—1,5	0,33	0,166
4. Trafic redus	0,08	0,04—0,087	2—1	0,33	0,166
Străzi în localități rurale					
5. Drumuri naționale	0,12	0,04—0,06	3—2	0,33	0,166
6. Drumuri județene	—	—	2	0,33	0,166
7. Străzi	—	—	sub 2	—	—

Observații:

1. L_{med} este luminanța suprafeței uscate a căii de circulație;
2. E_{med} — iluminarea medie a suprafeței căii;
3. $q = \frac{\rho}{\pi} = \frac{L_{med}}{E_{med}}$ — factorul de luminanță;
4. ρ — coeficientul de reflexie al suprafeței iluminate;
5. K_1 și K_2 — coeficienții de uniformitate.

Raportul dintre luminanță și iluminare este denumit factor de luminanță (q). Acest raport depinde de coeficientul de reflexie al suprafeței iluminate, astfel

$$\frac{L}{E}=\frac{\rho}{\pi}, \qquad (7.1)$$

în care L este luminanță;
E — iluminarea;
ρ — coeficientul de reflexie al suprafeței iluminate, conform tabelului 7.3.

Tabelul 7.3

Valoarea coeficientului de reflexie al suprafeței iluminate

Materialul	Coeficientul de reflexie
Ciment beton	0,20—0,35
Piatră granit	0,20—0,25
Bitum	0,10—0,20
Asfalt	0,08—0,15
Asfalt negru	0,05—0,06

Materialele care au un coeficient de reflexie mai mare de 0,20 constituie un acoperămînt de culoare deschisă, pe cînd cele cu coeficientul de reflexie mai mic de 0,20 sînt considerate drept acoperămînt de culoare închisă. Nivelul de iluminare se stabilește în mod diferențiat, în funcție de culoarea acoperămîntului.

Uniformitatea iluminării și a luminanței. Uniformitatea este de asemenea o condiție care trebuie îndeplinită pentru obținerea unui iluminat de calitate. Prin realizarea unei uniformități suficiente se obține, pe de o parte o corectă distribuție a fluxului luminos, asigurîndu-se în toate punctele planului util o iluminare apropiată de iluminare medie calculată, și pe de altă parte se evită oboseala ochiului prin eforturi repetate de adaptare de la un nivel de iluminare la altul.

Pentru a se obține o repartiție uniformă a iluminării și a luminanței pe suprafața drumului public trebuie res-

pectaţi coeficienţii de uniformitate definiţi după cum urmează:

$$K_1 = \frac{E_{min}}{E_{max}}, \qquad (7.2\ a)$$

$$K_2 = \frac{E_{min}}{E_{max}}, \qquad (7.2\ b)$$

în care: E_{med} este iluminarea medie, care reprezintă media iluminărilor produse de instalaţie pe suprafaţa de utilizare;

E_{min} — iluminarea cea mai mică produsă într-unul din punctele suprafeţei de utilizare;

E_{max} — iluminarea cea mai mare produsă într-unul din punctele suprafeţei de utilizare.

Valorile pe care trebuie să le aibă coeficienţii de uniformitate pentru instalaţiile de iluminat public sînt indicate în tabelul 7.2.

În vederea raţionalizării consumului de energie electrică, la proiectarea instalaţiilor de iluminat public trebuie prevăzută posibilitatea reglării nivelurilor de iluminare în trepte în funcţie de variaţia intensităţii traficului circulaţiei, păstrîndu-se însă uniformitatea iluminării. Astfel, se admit scăderi ale coeficienţilor de uniformitate în limitele prevăzute în tabelul 7.2, prin trecerea de la o categorie de trafic la alta inferioară.

În acest scop iluminatul public trebuie astfel proiectat, încît aprinderea şi stingerea acestuia să poată fi comandate în trepte (secţionat pe faze) pentru ca nivelul de iluminare să poată fi redus sau ridicat la toţi stîlpii simultan şi în aceeaşi măsură.

Conform Normativului republican, în cazul stîlpilor cu mai multe lămpi, reducerea nivelurilor de iluminare poate fi realizată prin stingerea unora dintre lămpi la toţi stîlpii deodată. În cazul stîlpilor cu o singură lampă, reducerea nivelurilor de iluminare pe o durată de timp mai mare se poate obţine prin înlocuirea lămpii cu alta de putere mai mică, însă de asemenea la toţi stîlpii.

În toate cazurile de reducere a nivelurilor de iluminare este necesar ca încă din faza de proiectare să se urmărească menținerea uniformității iluminării în limitele admise de normativ.

În general nu este recomandabilă stingerea tuturor lămpilor pe unii stîlpi, alternativ cu alții pe care lămpile să rămînă aprinse, pentru a se evita zonele de întuneric ce pot favoriza accidente de circulație și infracțiuni.

Pe străzi de categoria a III-a sau a IV-a cu stîlpi prevăzuți cu o singură lampă se poate admite în cazuri excepționale stingerea alternativă a lămpii din doi în doi stîlpi, în perioadele cu trafic redus, uniformitatea reducîndu-se concomitent cu nivelurile de iluminare, conform indicațiilor din tabelul 7.2. Normativul republican prevede că se poate adopta această soluție dacă sporul de investiție se recuperează în 8 ani prin economia realizată din reducerea consumului de energie electrică.

Limitarea orbirii. Vederea directă sau vederea imaginii reflectate a unei lămpi este dăunătoare ochiului și înrăutățește sensibil confortul vizual.

Orbirea este cu atît mai mare cu cît luminanța sursei este mai ridicată. Acesta este îndeosebi cazul lămpilor cu incandescență, cu vapori de mercur de înaltă presiune și cu xenon.

Pentru a se limita cît mai mult orbirea, în iluminatul public, se recomandă folosirea corpurilor ecranate și semiecranate, adică a unor corpuri cu distribuție concentrată și, respectiv, semiconcentrată a fluxului luminos.

De asemenea, o influență considerabilă în privința limitării orbirii pe drumurile publice o are respectarea

Tabelul 7.4

Valorile maxime admise pentru coeficientul de orbire

Tipul corpului de iluminat	G
Ecranat	6,7
Semiecranat	4,8
Neecranat	4,2

unor înălțimi minime de montare a corpurilor de iluminat, indicate de tabelul 7.7.

Pentru a caracteriza o instalație de iluminat din punct de vedere al limitării orbirii se folosește coeficientul de orbire *G* ale cărui valori maxime admise în norme sînt arătate în tabelul 7.4.

7.2. Echipamentul folosit în instalațiile de iluminat public

Alegerea echipamentului ce urmează a fi folosit în instalațiile de iluminat public se face pe baza unui calcul tehnico-economic. De asemenea, o importanță mare o prezintă și aspectul exterior, care trebuie să fie estetic și să se încadreze cît mai bine în mediul ambiant.

Surse de lumină. Criteriile de care trebuie să se țină seama în alegerea surselor de lumină sînt în general următoarele:

— posibilitățile de procurare (din țară sau import);
— nivelul de iluminare necesar;
— caracteristicile străzii;
— eficacitatea luminoasă;
— luminanța;
— durata de funcționare;
— redarea culorilor.

O problemă deosebit de importantă care trebuie avută de asemenea în vedere la alegerea tipurilor de lămpi pentru instalațiile de iluminat o constituie economisirea energiei electrice. În acest sens, folosirea de exemplu a unor lămpi cu eficacitate luminoasă mai mare permite realizarea acelorași niveluri de iluminare cu puteri mai mici, deci cu consumuri de energie mai reduse. Pe de altă parte, economisiri substanțiale de energie se pot obține acordînd atenția cuvenită factorului de putere al lămpii (v. subcap. 3.3).

Datorită eficacității luminoase scăzute (consum sporit de energie electrică), a luminanței mari și a unei durate de funcționare reduse, în general nu se recomandă uti-

lizarea lămpilor cu incandescență decît în cazul căilor cu trafic foarte redus din localități rurale.

Lămpile cu halogenuri, avînd o eficacitate ridicată și o redare bună a culorilor pot fi utilizate în majoritatea cazurilor. Dezavantajul principal constă însă în costul lor mai ridicat.

Lămpile fluorescente tubulare au o utilizare mai redusă din cauza puterilor unitare mici și datorită unor dificultăți de amorsare și funcționare, în special la temperaturi scăzute.

Lămpile cu vapori de mercur în balon fluorescent sînt indicate a fi folosite în majoritatea cazurilor, mai ales pe căile de circulație din orașe, datorită eficacității luminoase ridicate, a bunei distribuții a fluxului luminos în toate direcțiile, precum și datorită unei bune redări a culorilor.

Caracterizîndu-se printr-o eficacitate luminoasă foarte ridicată, folosirea lămpilor cu vapori de sodiu de joasă presiune constituie o soluție economică. De asemenea, se asigură o bună vizibilitate la distanțe mari și pe timp de ceață. Dezavantajul acestor lămpi constă în deformarea culorii semnelor de circulație, ceea ce conduce la necesitatea ca aceste semne să fie prevăzute cu un sistem de iluminat propriu.

Lămpile cu vapori de sodiu de înaltă presiune sînt indicate pentru utilizare în iluminatul public urban, datorită unei bune redări a culorilor și datorită eficacității luminoase ridicate.

Pentru iluminatul spațiilor mari, cum ar fi piețe, intersecții importante etc., este recomandabilă folosirea lămpilor cu xenon, montate pe stîlpi foarte înalți.

În tabelul 7.5 sînt prezentate unele recomandări privind alegerea surselor de lumină în funcție de caracteristicile arterei.

Corpuri de iluminat. Corpurile de iluminat folosite la iluminatul public trebuie să contribuie pe cît posibil mai mult la limitarea fenomenului de orbire.

Corpurile ecranate reduc rapid intensitatea luminoasă în zona direcțiilor 80—90° față de verticală, eliminînd complet orbirea, dar produc pe suprafața căii de circula-

Tabelul 7.5

Recomandări privind alegerea surselor de lumină pentru iluminat public

Caracteristicile arterei	Lămpi incadescente standard	Lămpi fluorescente	Lămpi cu vapori de Hg de înaltă presiune cu balon fluorescent	Lămpi cu vapori de sodiu
Artere urbane cu trafic:				
— foarte intens	N	N	R	R
— intens	N	N	R	R
— mediu	N	N	R	S
— redus	N	P	R	P
Artere rurale				
— drumuri naționale	N	N	R	N
— drumuri județene	P	P	R	N
— restul arterelor	S	N	R	N
Piețe	N	N	R	R
Intersecții	N	N	R	R

Observații: N=soluție neindicată;
P=soluție permisă;
S=soluție satisfăcătoare;
R=soluție recomandată.

ție pete luminoase relativ mici, ceea ce impune alegerea unor distanțe reduse între stîlpi. Ținînd seama de aceste aspecte, utilizarea corpurilor ecranate apare ca indicată pentru iluminarea căilor de circulație cu suprafața mată și cu intersecții și obstacole rare, pe porțiuni lungi și drepte de drum precum și la pante ușoare și poduri.

Corpurile semiecranate se caracterizează printr-o reducere mai slabă a intensității luminoase, astfel încît orbirea nu este complet eliminată. În schimb se caracterizează prin posibilități de amplasare mai diferite. Corpu-

rile semiecranate se folosesc în special pentru iluminarea căilor de circulaţie cu suprafaţă lucioasă şi cu multe intersecţii şi obstacole, precum şi în prezenţa clădirilor colaterale căilor pentru a le evidenţia în scop arhitectural.

Corpurile neecranate, deşi economice deoarece pot fi amplasate la distanţe mai mari şi cu posibilităţi sporite de a fi folosite în iluminatul arhitectural, nu sînt recomandabile în iluminatul drumurilor publice datorită faptului că nu limitează fenomenul de orbire.

În tabelul 7.6 sînt prezentate unele recomandări privind alegerea corpurilor de iluminat din punct de vedere fotometric în funcţie de caracteristicile arterei.

Corpurile de iluminat trebuie să corespundă naturii şi puterii lămpilor prevăzute a fi montate în ele. Pentru

Tabelul 7.6

Recomandări pentru alegerea corpurilor de iluminat public

Caracteristicile arterei	Tipul corpului de iluminat		
	Ecranat	Semiecranat	Neecranat
Artere urbane cu trafic:			
— foarte intens	R	N	N
— intens	R	N	N
— mediu	S	R	N
— redus	S	R	N
Artere rurale:			
— drumuri naţionale	S	R	N
— drumuri judeţene	S	R	S
— restul arterelor	S	R	S
Pieţe	R	S	N
Intersecţii	N	R	S

Observaţii: N=soluţie nesatisfăcătoare;
S=soluţie satisfăcătoare;
R=soluţie recomandată.

a se evita deformarea curbei fotometrice a corpului de iluminat, nu este admisibilă montarea în acelaşi corp de iluminat a unor lămpi de puteri diferite.

O atenţie deosebită în alegerea corpurilor de iluminat pentru exterior trebuie acordată protejării sursei de lumină împotriva prafului şi a umezelii, în vederea menţinerii cît mai îndelungate a unui randament corespunzător.

Dispozitivul de închidere a corpurilor de iluminat, care contribuie la protejarea lămpilor şi a sistemului optic, trebuie să asigure condiţiile de temperatură necesare funcţionării lămpilor la caracteristicile nominale.

Suporturi. Alegerea unor stîlpi şi a unor braţe corespunzătoare unui iluminat public de calitate trebuie să îndeplinească, după cum s-a mai arătat, o serie de condiţii de natură tehnico-economică şi estetică. Gradul de satisfacere al acestor condiţii este însă dependent de modul de amplasare a stîlpilor pe artere, de caracteristicile arterei, de tipul corpului de iluminat şi al sursei luminoase etc.

Amplasarea stîlpilor se face ţinînd seama de normele în vigoare. Plantarea stîlpilor în apropierea bordurii trotuarelor măreşte pericolul lovirii lor de către autovehicule, în timp ce plantarea spre interiorul trotuarelor reduce iluminarea pe partea carosabilă. În situaţia în care există zone verzi necirculate, aflate în axul străzii sau între partea carosabilă şi trotuare, se preferă amplasarea stîlpilor în aceste spaţii.

Dimensiunile geometrice caracteristice pentru definirea unei instalaţii de iluminat public sînt (**fig. 7.1**):

— lăţimea arterei *(l)*;
— înălţimea sursei de iluminat *(h)*;
— distanţa dintre surse *(D)*;
— depăşirea *(d)*;
— lungimea braţului *(b)*.

Înălţimea de montare a sursei de iluminat se alege ţinînd seama de necesitatea limitării orbirii precum şi de necesitatea unei distribuţii uniforme a iluminării pe

suprafaţa drumului public. Cu cît sursa este mai puternică şi cu cît porţiunea de arteră care trebuie luminată este mai lungă, înălţimea de montare a corpurilor de iluminat şi deci înălţimea stîlpilor trebuie să fie mai

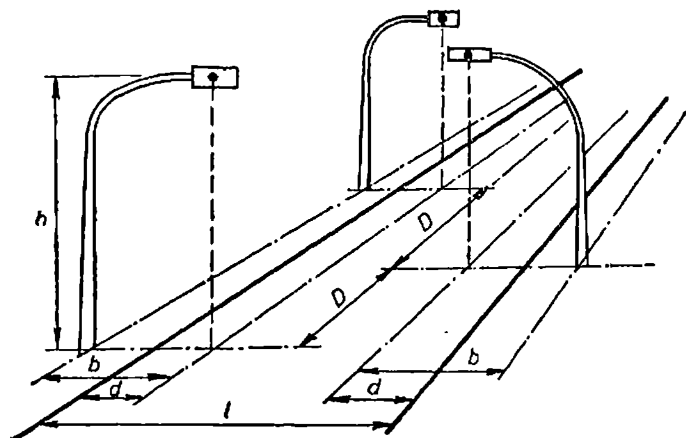


Fig. 7.1. Dimensiuni geometrice caracteristice pentru iluminatul public.

mare. Înălţimea minimă de montare a sursei pentru a se evita efectul de orbire, este indicată în tabelul 7.7, în funcţie de fluxul luminos al lămpii şi de tipul corpului iluminat.

Tabelul 7.7

Înălţimea minimă de montare a surselor de lumină în iluminatul public

Fluxul luminos al lămpii lm	Înălţimea minimă de montare, m		
	Corp de iluminat ecranat	Corp de iluminat semiecranat	Corp de iluminat neecranat
sub 5 000	6	6	7,5
5 000—10 000	6	7,5	8
10 000—15 000	7,5	9	10,5
peste 15 000	9	10,5	12

Pentru a se verifica înălţimea minimă de montare a corpurilor de iluminat se poate folosi următoarea relaţie:

$$h=1,5+\sqrt{\frac{2,88\cdot I_{max}\cdot 10^3}{(G-1)\cdot\left(1+\frac{\varphi}{\theta}\right)^2\cdot(L_{min}-0,207)}}, \quad (7.3)$$

în care:

I_{max} este intensitatea luminoasă maximă a corpului de iluminat;

φ — unghiul dintre axa de privire a observatorului şi planul orizontal;

θ — unghiul dintre axa de înclinare a corpului de iluminat şi orizontală;

G — coeficientul de orbire;

$L_{min}=\frac{\rho}{\pi}E_{min}$ — luminanţa minimă în cîmpul vizual, unde ρ este coeficientul de reflexie al suprafeţei luminate.

Distanţa dintre sursele de iluminat (D) se alege de obicei în funcţie de înălţimea de montare şi de tipul de distribuţie a fluxului luminos corespunzătoare corpului de iluminat.

Pentru un anumit corp de iluminat, distanţa dintre stîlpi trebuie să fie astfel aleasă încît la unghiul maxim de distribuţie luminoasă să se acopere cel puţin jumătate din distanţa dintre stîlpi. În cazul unor pretenţii deosebite de uniformitate, distanţa se reduce corespunzător.

De obicei raportul $\frac{D}{h}$ ia valori cuprinse în intervalul 3,2—5, valorile mai mici corespunzînd corpurilor cu distribuţie concentrată a fluxului luminos.

Depăşirea (d) reprezintă distanţa pe orizontală între axul vertical al stîlpului şi extremitatea braţului de fixare al corpului de iluminat.

Pentru a se asigura un nivel de iluminare al trotuarelor corespunzător şi pentru a se evita inconvenientele pe care le poate provoca vibraţia stîlpilor este recomandabil ca depăşirea să nu fie mai mare de 0,25 h.

Lungimea braţului (b) este distanţa pe orizontală dintre axul vertical al stîlpului şi extremitatea braţu-

lui. Această dimensiune este determinată de mărimea depășirii, de condițiile de amplasare a stîlpilor, precum și de considerente de ordin estetic și arhitectural.

7.3. Sisteme folosite în realizarea iluminatului public

Principalele moduri de dispunere a surselor de lumină folosite în iluminatul public sînt prezentate în fig. 7.2.

Dispunerea unilaterală, caracterizată prin montarea tuturor surselor de lumină pe aceeași parte a străzii nu este recomandabilă decît atunci cînd lățimea arterei este egală sau inferioară înălțimii de fixare *(h)* a corpului de iluminat. Pentru corpurile de construcție curentă, această soluție este de obicei folosită pentru străzi avînd o lățime a părții carosabile sub 12 m (fig. 7.2, *a*).

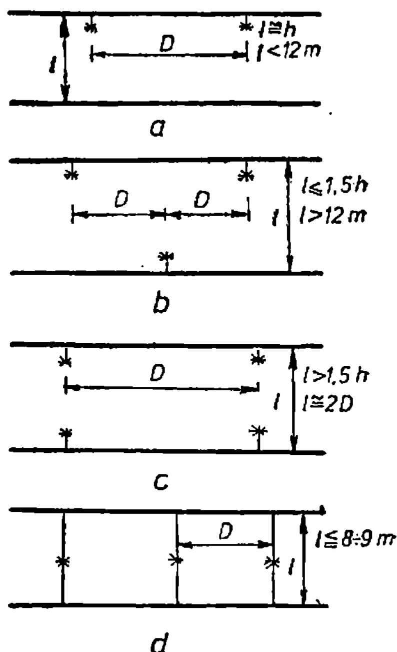


Fig. 7.2. Moduri de dispunere a surselor de lumină în iluminatul public:

a — dispunere unilaterală; *b* — dispunere bilaterală alternată; *c* — dispunere bilaterală față în față; *d* — dispunere axială.

Dispunerea bilaterală alternantă la care sursele de lumină sînt dispuse în zigzag este folosită atunci cînd lățimea drumului public depășește valorile recomandate pentru dispoziția unilaterală, fără să depășească o dată și jumătate înălțimea de fixare a corpului de iluminat (fig. 7.2, *b*).

Acest sistem de iluminat public este mai

avantajos decît precedentul, datorită asigurării unei bune uniformități a luminanței și a unei mai bune vizibilități pe ambele părți ale căii de circulație.

Dispunerea bilaterală față în față este indicată atunci cînd lățimea drumului este mai mare decît o dată și jumătate înălțimea de fixare a corpului de iluminat (fig. 7.2, *c*).

Dispunerea axială, caracterizată prin amplasarea surselor de lumină în axul arterei poate fi admisă pentru drumurile înguste la care lățimea nu depășește înălțimea de fixare a corpului de iluminat (fig. 7.2, *d*). Principalul dezavantaj al acestui sistem este acela de reducere a luminanței în dreptul bordurilor, canalizînd circulația spre centrul străzii. În felul acesta pericolul de a se produce accidente crește.

În cazul unor situații speciale, cum ar fi curbe, denivelări, intersecții etc., se impun unele condiții mai exigente, deoarece dificultățile de realizare ale unui iluminat corespunzător cresc, iar iluminatul propriu al autovehiculelor nu poate fi folosit destul de eficient. Într-adevăr, conducătorii vehiculelor sînt suprasolicitați din punct de vedere vizual și al atenției în momentul cînd calea de circulație nu mai este dreaptă, iar vizibilitatea scade. **Curbele** cu raza de curbură mare (circa 1 000 m) pot fi considerate ca aliniamente drepte.

În cazul curbelor cu rază mai mică, este recomandabilă dispunerea corpurilor de iluminat unilateral pentru a se obține un balizaj efectiv al curbei (fig. 7.3, *a* și *b*). Dispunerea unilaterală poate fi realizată plasînd corpurile de iluminat pe partea exterioară (fig. 7.3, c) sau pe partea interioară a curbei (fig. 7.3, *d*). Se preferă dispunerea corpurilor de iluminat pe marginea exterioară a curbei, deoarece vederea în perspectivă arată că numai așa se poate realiza o iluminare corespunzătoare a drumului public. Pentru a menține același grad de uniformitate, adică aceeași suprapunere a petelor luminoase pe suprafața căii, cu cît curba este mai pronunțată cu atît mai mult trebuie redus intervalul ales în aliniament.

Este bine să se evite pe cît posibil dispunerea bilaterală deoarece dispare efectul de balizaj și conducătorul

poate fi indus în eroare, crezînd în prezența unei căi laterale (fig. 7.4, *a* și *b*). Dacă lățimea drumului este mai mare de 1,5 *h*, posibilitățile de confuzie sînt mai reduse și se poate folosi iluminatul bilateral.

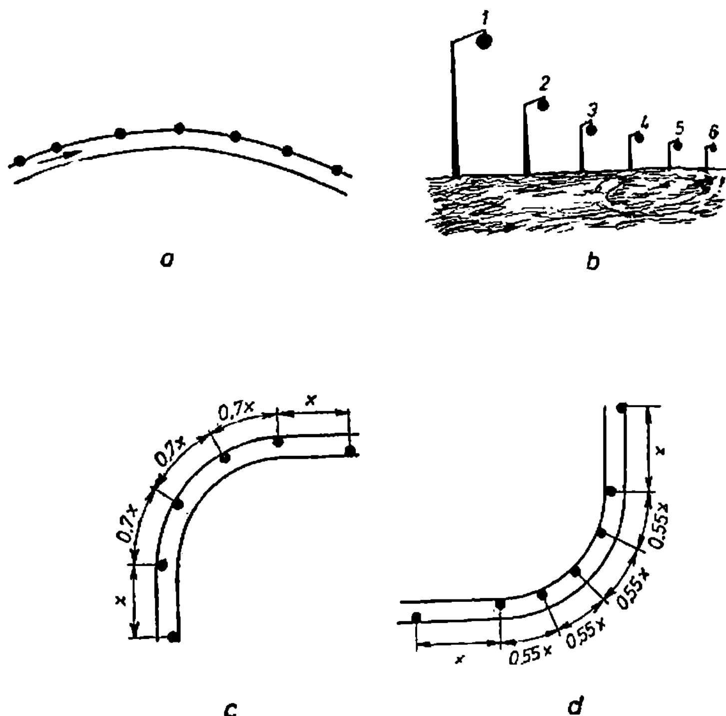


Fig. 7.3. Dispunere unilaterală a surselor luminoase la curbe.

La curbe se recomandă depășiri în console cît mai scurte.

În cazul pantelor apar o serie de probleme în plus, deoarece conducătorul care urcă este supus unui fenomen de orbire mai pronunțat, iar cel care coboară poate fi jenat de lipsa de uniformitate a iluminării.

Pentru a ameliora aceste inconveniente se folosesc corpuri ecranate montate cu planul reflectorului paralel cu planul căii, iar distanța dintre corpurile de iluminat

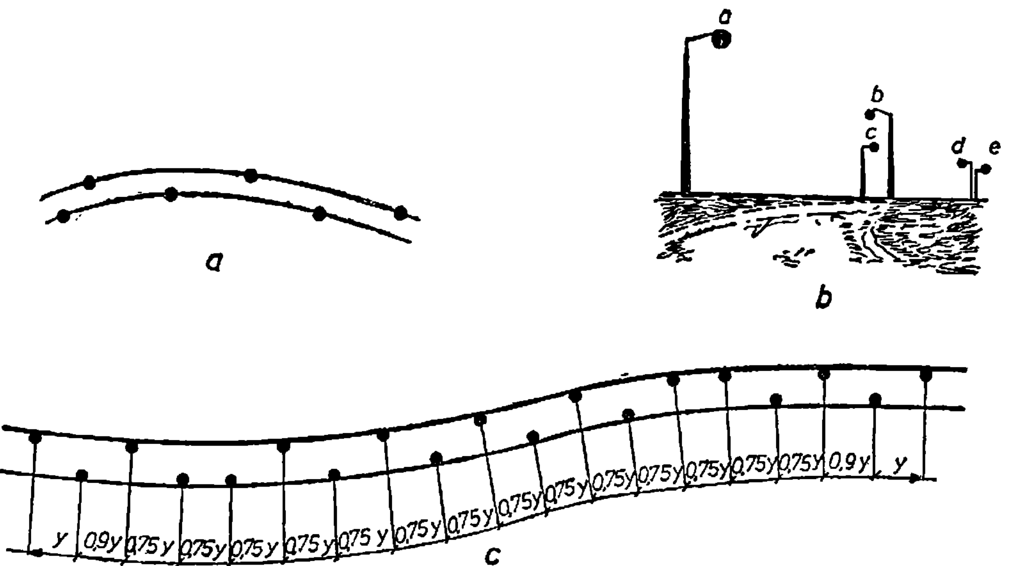


Fig. 7.4. Dispunere bilaterală a surselor luminoase la curbe.

se reduce proporțional cu unghiul de înclinare al pantei (fig. 7.5).

Intersecții. Dispunerea corpurilor de iluminat la intersecții trebuie să asigure realizarea fondului luminos pe care să poată fi detașat pietonul. Intersecția trebuie să

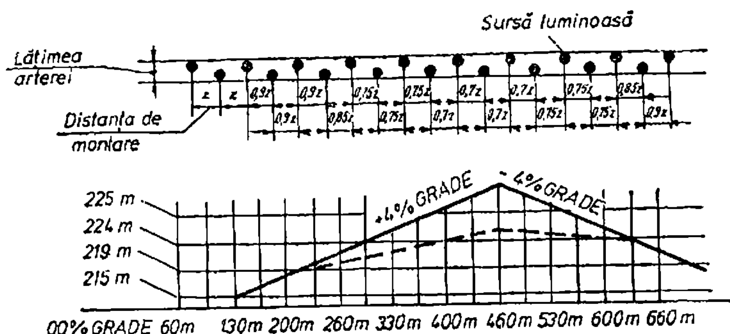


Fig. 7.5. Dispunerea surselor luminoase pentru iluminarea pantelor.

fie luminată mai puternic decît restul arterei. Se recomandă ca sursele luminoase să nu fie montate chiar în intersecție, ci în imediata lor apropiere. La intersecția unei străzi principale cu o stradă secundară se preferă așezarea sursei luminoase pe strada principală în fața străzii secundare, ceea ce poate servi ca punct de semnalizare pentru circulația rutieră. Exemple de dispoziție a surselor luminoase în cazul diferitelor tipuri de intersecții sînt prezentate în fig. 7.6.

În fig. 7.7 este prezentat modul de dispunere a surselor de lumină în cazul intersecțiilor dintre artere de circulație și căi ferate.

În cazul piețelor de circulație se realizează de obicei iluminări mai mari decît cele corespunzătoare ramificației celei mai bine iluminate, în așa fel încît refugiile și străzile incidente să fie recunoscute cu ușurință. Înălțimea de montare a corpurilor de iluminat dintr-o piață trebuie să fie cel puțin egală cu aceea de pe calea cea mai importantă incidentă în piață, iar în cazul piețelor cu dimensiuni mari se recomandă folosirea stîlpilor înalți

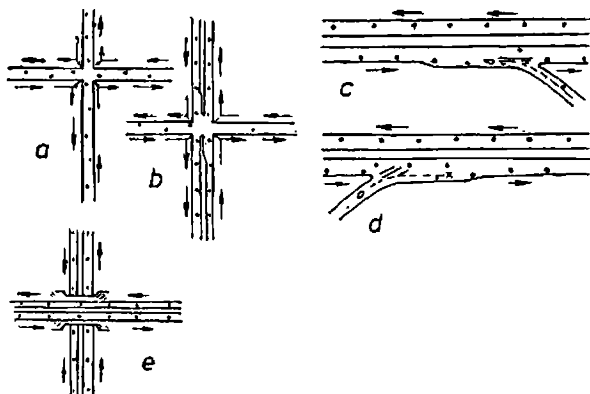


Fig. 7.6. Dispunerea surselor luminoase pentru iluminarea intersecțiilor.

Distanța considerată ca porțiune specială

33 m

33 m

Depinde de numărul șinelor

a

b

Fig. 7.7. Dispunerea surselor luminoase la intersecția dintre o arteră de circulație și calea ferată:

a — dispunerea alternată cu 6,4 și respectiv, 2 corpuri de iluminat; b — dispunerea față în față cu 6 și 4 corpuri de iluminat.

care asigură o bună uniformitate a iluminării pe întreaga suprafață.

Trecerile pentru pietoni trebuie luminate mai bine decît drumul public pentru a se evita accidentele. Nivelul de iluminare realizat nu trebuie să fie însă exagerat pentru ca conducătorul auto să nu fie jenat de contrast, fiind supus așa-numitului efect de „tunel".

Uneori pot fi necesare instalații de iluminat suplimentare la trecerea pentru pietoni, în special dacă în cazul unei curbe sau a unei pante fondul pe care se proiectează pietonul este întunecat. Pentru a se marca mai bine trecerea pentru pietoni se recomandă folosirea surselor cu lumină galbenă și a lămpilor de semnalizare cu lumină intermitentă.

În fig. 7.8 se arată unele posibilități de amenajare a instalațiilor de iluminat pentru trecerile de pietoni.

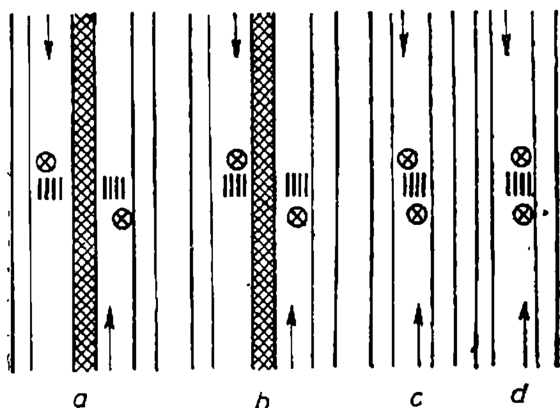


Fig. 7.8. Iluminarea trecerilor pentru pietoni:
a — arteră cu două căi de circulație iluminate cu corpuri dispuse bilateral; *b* — arteră cu două căi de circulație iluminate cu corpuri montate axial; *c* — arteră cu o cale de circulație cu corpuri montate bilateral; *d* — arteră cu o cale de circulație cu corpuri montate axial.

„Normativul republican privind folosirea rațională a energiei electrice la iluminatul artificial, precum și în utilizările casnice" prevede proiectarea iluminatului intersecțiilor principale și al piețelor publice din orașe cu

niveluri mărite cu 50% față de strada cea mai bine luminată, incidentă în intersecție sau în piață.

De asemenea, iluminatul trotuarelor precum și al trecerilor de pietoni se va proiecta cu iluminări de 50% din iluminarea părții carosabile a străzii respective.

7.4. Metode pentru calculul instalațiilor de iluminat

O instalație de iluminat trebuie să asigure, în spațiile iluminării, condiții de vedere satisfăcătoare, caracterizate în ultima instanță prin iluminarea creată pe suprafețele respective.

De aceea, calculul instalațiilor de iluminat este în esență un calcul al iluminării medii și al distribuției iluminării pe diferitele suprafețe de iluminat. În multe cazuri se ține seama și de luminanța sursei de lumină sau a suprafețelor iluminate, deoarece aceste mărimi pot influența apreciabil condițiile de vedere.

Pentru calculul iluminărilor se folosesc două metode:

— metoda punct cu punct;

— metoda factorului de utilizare.

Metoda punct cu punct se aplică la suprafețele iluminate care nu contribuie la iluminarea lor reciprocă. În această metodă se folosesc relațiile generale de fotometrie, fiind necesară cunoașterea curbei de repartiție a intensității luminoase a corpului de iluminat. De asemenea, este necesar să se cunoască poziția corpurilor de iluminat față de suprafețele iluminate.

Metoda factorului de utilizare se folosește pentru suprafețele iluminate care contribuie apreciabil la iluminarea lor reciprocă. În această metodă nu se mai pot folosi relațiile generale din fotometrie. Această metodă ține cont de o serie de factori printre care caracteristicile optice esențiale ale sursei de lumină, caracteristicile optice ale suprafeței iluminate și factorul de depreciere.

În cazul iluminatului exterior se utilizează de obicei metoda punct cu punct, deoarece suprafețele iluminate nu contribuie în mod practic la iluminarea lor reciprocă.

7.4.1. *Calculul iluminării date de o sursă punctiformă*

O sursă de lumină poate fi considerată drept punctiformă dacă dimensiunea sa geometrică maximă este de cel puţin cinci ori mai mică decît distanţa de la sursă la suprafaţa iluminată. În cele ce urmează, sursa de lumină va fi considerată punctiformă.

Calculul iluminării date de corpuri de iluminat cu repartiţie simetrică (drept şi înclinat). Se consideră sursa de lumină *L* (fig. 7.9) cu curba respectivă de repartiţie a intensităţii luminoase şi o suprafaţă iluminată *S*. Unghiul de incidenţă între normala la *S* într-un punct *P* şi direcţia razei de lumină este *i*.

Se cere iluminarea în punctul *P* aflat la o distanţă *r* de sursa luminoasă.

Iluminarea în punctul *P* este $E = \frac{I_\alpha}{r^2} \cdot \cos i$; dacă $\cos i = 1$, atunci

$$E_n = \frac{I_\alpha}{r^2}, \qquad (7.4)$$

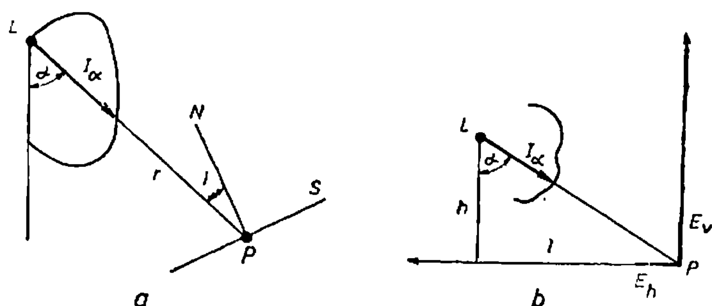


Fig. 7.9. Calculul iluminării prin metoda punct cu punct:
a — într-un plan oarecare; *b* — într-un plan orizontal sau vertical.

adică iluminarea este maximă într-un plan normal faţă de lumina incidentă.

În mod practic interesează iluminarea într-un plan orizontal sau vertical, determinată de o sursă *L*, aşezată la înălţimea *h* deasupra unui plan orizontal.

Iluminarea într-un punct P dintr-un plan orizontal situat la distanța orizontală l de verticala ce trece prin sursă este:

$$E_h = \frac{I_\alpha}{r^2} \cdot \cos \alpha = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^3 \alpha. \qquad (7.5)$$

Iluminarea în același punct P, situat într-un plan vertical este:

$$E_v = \frac{I_\alpha}{r^2} \cdot \sin \alpha = \frac{I_\alpha}{h^2} \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha. \qquad (7.6)$$

Pentru ușurarea calculelor se dau funcțiile trigonometrice necesare în anexa 1, în funcție de înălțimea de montare a sursei h și distanța l dintre proiecția sursei în plan orizontal și punctul curent din plan, respectiv de raportul $\frac{l}{h}$ egal cu tangenta unghiului de incidență.

Cumularea curbelor izolux pentru corpuri de iluminat cu repartiția simetrică a fluxului luminos. Pentru corpurile de iluminat care au o emisie luminoasă cu simetrie de revoluție față de un ax perpendicular pe planul iluminat, curbele izolux sînt cercuri concentrice.

În cazul cînd o suprafață este iluminată de la mai multe corpuri luminoase este necesar ca în fiecare punct să se cunoască iluminarea totală. Acest lucru se obține prin cumularea curbelor izolux.

În fig. 7.10 este arătată cumularea curbelor izolux pentru două surse luminoase.

Curbele izolux cumulative se obțin, pentru două sau mai multe surse, căutînd pe diagramele izolux suprapuse ale surselor, punctele de intersecție ale curbelor pentru care suma iluminărilor este constantă și unind aceste puncte printr-o nouă curbă.

Corpuri de iluminat cu repartiție asimetrică. Pentru aceste surse care admit pentru emisia luminoasă numai un plan de simetrie (sau cu simetrie de revoluție, dar față de un ax care nu este perpendicular pe planul iluminat), determinarea iluminării într-un punct oarecare se face pe baza curbelor izocandele.

Se consideră sursa punctiformă L (fig. 7.11).

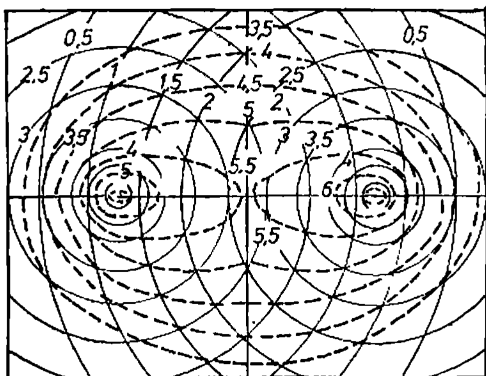


Fig. 7.10. Curbe izolux cumulative.

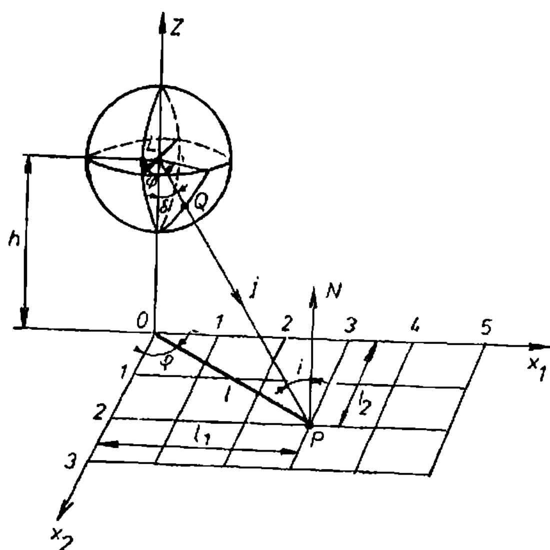


Fig. 7.11. Calculul iluminării produse de surse asimetrice.

Se cere iluminarea într-un punct P din planul orizontal Ox_1x_2.

Peste planul Ox_1x_2 se suprapune o rețea de coordonate carteziene, astfel încît verticala din punctul L să cadă în punctul O.

Corpul de iluminat admite planul de simetrie $x_2O—Oz$, sursa L este situată la înălțimea h, iar punctul P este situat la distanța l de punctul O.

Punctul P are coordonatele relative:

$$\left.\begin{aligned} & x_1=\frac{l_1}{h} \text{ și } x_2=\frac{l_2}{h}, \\ & l=\sqrt{l_1^2+l_2^2}. \end{aligned}\right\} \tag{7.7}$$

Mărimile x sînt distanțele relative raportate la înălțimea h.

Pentru a calcula iluminarea în punctul P trebuie să se cunoască:

— unghiul de incidență i;

— înălțimea h;

— intensitatea luminoasă a sursei L în direcția lui P.

Din fig. 7.11 rezultă:

$$\frac{l}{h}=\operatorname{tg} i=\sqrt{x_1^2+x_2^2}. \tag{7.8}$$

Intensitatea $I_{\delta\varphi}$ se determină din curbele izocandele ale corpului de iluminat cunoscînd coordonatele polare δ și φ ale punctului Q în care raza LP străbate sfera cu centrul în L.

Aceste coordonate se calculează astfel:

$$\operatorname{tg} \delta=\operatorname{tg} i=\sqrt{x_1^2+x_2^2}, \tag{7.9}$$

$$\operatorname{tg} \varphi=\frac{x_1}{x_2}. \tag{7.10}$$

În funcție de x_1 și x_2 se determină $\frac{l}{h}=\operatorname{tg} i$, unghiurile δ și φ. Pentru ușurința calculelor aceste valori sînt tabelate în funcție de valorile lui x_1 și x_2.

Aplicînd metoda punct cu punct se pot trasa curbele izolux.

Iluminarea într-un plan orizontal se calculează cu relația:

$$E_h = \frac{I_{\delta\varphi}}{h^2} \cdot \cos^3 i. \qquad (7.11)$$

Iluminarea într-un plan vertical se calculează cu relația:

$$E_v = \frac{I_{\delta\varphi}}{h^2} \cdot \cos^2 i \cdot \sin i. \qquad (7.12)$$

În modul acesta se pot calcula iluminările produse de orice sursă punctiformă într-un plan și se pot trasa curbele izolux corespunzătoare.

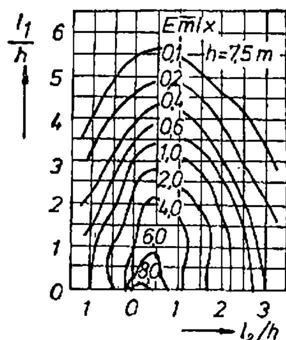


Fig. 7.12. Curbe izolux pentru un corp de iluminat asimetric.

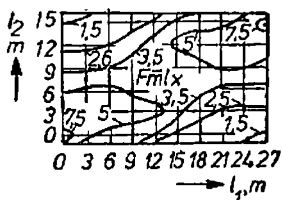


Fig. 7.13. Curbe izolux cumulative pentru două corpuri de iluminat asimetrice.

În fig. 7.12 sînt trasate curbele izolux pentru un corp de iluminat asimetric, iar în fig. 7.13 sînt figurate curbele izolux cumulative pentru două corpuri de iluminat asimetrice.

7.4.2. *Calculul iluminării date de surse liniare*

O sursă de lumină se consideră liniară cînd una din dimensiunile sale întrece cu mult celelalte dimensiuni, iar această dimensiune nu este neglijabilă față de distanța

sursei la suprafaţa pe care o iluminează. Cele mai răspîndite surse liniare sînt lămpile fluorescente tubulare.

Se consideră un element de tub luminos care este practic o suprafaţă de egală luminanţă. Un tub elementar de lungime dx şi diametru δ poate fi considerat o sursă punctiformă (fig. 7.14).

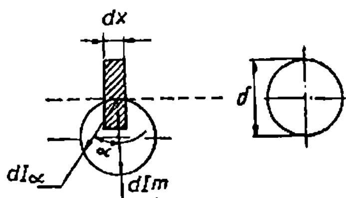


Fig. 7.14. Calculul iluminării produse de o sursă liniară elementară.

Din această cauză curba fotomerică este un cerc. În direcţia perpendiculară pe tub, intensitatea luminoasă este maximă dI_m.

Într-o direcţie oarecare α, intensitatea luminoasă este dI_α.

Dacă luminanţa este L, intensitatea maximă este:

$$dI_m = L \cdot ds = L \cdot \delta \cdot dx. \qquad (7.13)$$

În direcţia α:

$$dI_\alpha = dI_m \cdot \cos \alpha. \qquad (7.14)$$

Se notează cu I_0 intensitatea luminoasă pentru un tub lung de 1 cm. Această mărime se consideră cunoscută:

$$I_0 = L \cdot \delta \times 1 \text{ cm}. \qquad (7.15)$$

Calculul iluminării într-un punct situat sub capătul sursei liniare într-un plan orizontal. Se consideră sursa liniară reprezentată în figura 7.15.

Se cere calculul iluminării în punctul P, cunoscînd lungimea l a tubului, distanţa $AP = a$ şi iluminarea I_0 pe unitatea de lungime.

Punctul P se găseşte perpendiculara coborîtă din unul din capetele tubului pe planul orizontal S.

Iluminarea produsă în punctul P de elementul de lungime dx corespunzător punctului M de pe tub este:

$$dE_p = \frac{dI_\alpha \cdot \cos\alpha}{MP^2}, \tag{7.16}$$

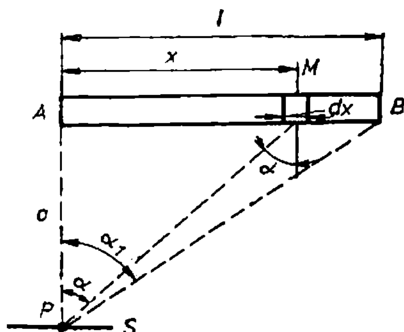


Fig. 7.15. Calculul iluminării într-un punct situat sub capătul sursei liniare într-un plan orizontal.

Ţinînd cont că:

$$MP = \frac{a}{\cos\alpha};\ dI_\alpha = L\cdot\delta\cdot\cos\alpha\cdot dx;\ dx = \frac{MP\cdot d\alpha}{\cos\alpha} = \frac{a\cdot d\alpha}{\cos^2\alpha}$$

rezultă:

$$dE_p = \frac{I_0\cdot\cos^2\alpha\cdot d\alpha}{a}: \tag{7.17}$$

Integrînd pentru întreg tubul rezultă:

$$E_p = \frac{I_0}{a}\int_0^{\alpha_1}\cos^2\alpha\cdot d\alpha = \frac{I_0}{4a}(2\alpha_1 + \sin 2\alpha_1). \tag{7.18}$$

În funcţie de elementele geometrice din fig. 7.15 relaţia se poate pune sub forma utilizată cel mai des:

$$E_p = \frac{I_0}{2a}\left(\frac{a\cdot l}{a^2+l^2} + \operatorname{arc\,tg}\frac{l}{a}\right)\cdot \tag{7.19}$$

Calculul iluminării într-un punct situat sub sursa liniară dar nu la capătul ei. În acest caz se descompune sursa luminoasă în două surse care să reducă problema la un caz anterior.

Iluminarea se calculează pe baza principiului suprapunerii efectelor:

$$E_P = E_{P_1} + E_{P_2} \quad (7.20)$$

Cînd punctul P este în afara tubului luminos (fig. 7.15, b) se consideră tubul 1 prelungit cu porțiunea fictivă 2.

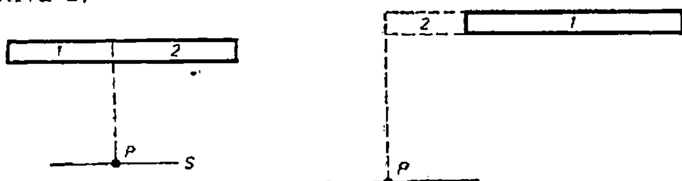


Fig. 7.16. Calculul iluminării într-un punct situat sub sursa liniară, dar nu la capătul ei:
a — în limitele tubului; b — în afara tubului.

În acest caz, tot prin suprapunerea efectelor:

$$E_P = E_{P_{1,2}} - E_{P_2} \quad (7.21)$$

Calculul iluminării într-un punct excentric. În general, punctul în care se calculează iluminarea nu se găsește nici în plan orizontal, nici în plan vertical.

Se consideră tubul luminos AB și punctul P în care se calculează iluminarea, punct conținut într-un plan oarecare Γ (fig. 7.17).

Punctul P se află însă în planul vertical ce trece prin extremitatea A a tubului.

În cazul cînd punctul are altă poziție, se descompune tubul în două tuburi fictive (la care pentru fiecare în parte este îndeplinită condiția de mai sus), iar apoi se suprapun efectele.

Punctele A' și B' sînt proiecțiile punctelor A și B în planul Γ, iar N este normala ridicată din punctul P.

Se notează:

$AA' = a$
$Pa = c$
$A'P = b$
$\sphericalangle APM = \alpha$
$\sphericalangle NPM = i$ (unghiul de incidență)
$\sphericalangle APB = \alpha_1$ (unghiul sub care se vede tubul din punctul P).

Iluminarea elementară în punctul P, produsă de tubul de lungime dx este:

$$dE_P = \frac{d\,I_\alpha \cos i}{MP^2} = \frac{d\,I_m \cos\alpha \cdot \cos i}{MP^2},$$

deci

$$dE_P = \frac{I_0 \cdot \cos\alpha \cdot \cos i \cdot dx}{MP^2}; \qquad (7.22)$$

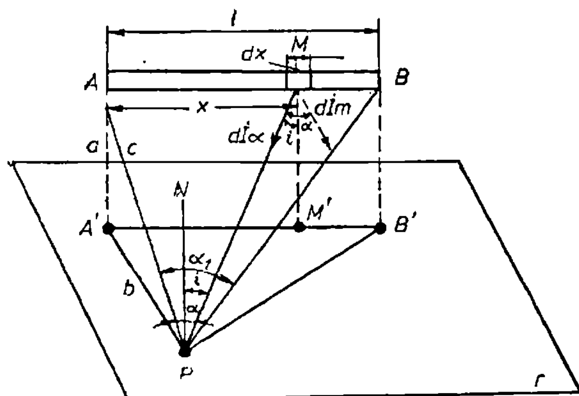


Fig. 7.17. Iluminarea produsă de o sursă liniară într-un punct oarecare.

Din fig. 7.17 se observă următoarele:

$$x = c \cdot \operatorname{tg}\alpha;\ dx = \frac{c \cdot d\alpha}{\cos^2\alpha};\ MP = \frac{c}{\cos\alpha};\quad \cos i = \frac{MM'}{MP} = \frac{a \cdot \cos\alpha}{c};$$

În acest caz, iluminarea elementară este:

$$dE_P = \frac{I_0 \cdot a}{c^2} \cdot \cos^2\alpha \cdot d\,\alpha. \qquad (7.23)$$

Iluminarea în punctul P, produsă de întreg tubul, se obține prin integrarea relației de mai sus:

$$E_P = \frac{I_0 \cdot a}{c^2} \int_0^{\alpha_1} \cos^2\alpha \cdot d\alpha. \qquad (7.24\ a)$$

Rezultă în definitiv:

$$E_P = \frac{I_0 \cdot a}{4c^2} (\sin 2\alpha_1 + 2\alpha_1). \qquad (7.24\,b)$$

7.4.3. *Calculul iluminării medii*

Există două metode pentru calculul iluminării medii.

a) Se construiesc întîi *curbele izolux cumulative* ale corpurilor de iluminat. Din curbe se extrag iluminările E produse în centrele diferitelor pătrate determinate în rețeaua de coordonate x_1 și x_2 pe distanța longitudinală dintre două corpuri de iluminat succesive.

Iluminarea medie este:

$$E_{med} = \frac{\Sigma E}{n}, \qquad (7.25)$$

în care n este numărul pătratelor pentru care s-au făcut citirile.

Pentru a obține valori cît mai exacte, este necesar ca rețeaua de pătrate și rețeaua curbelor izolux să fie suficient de dese.

b) Cea de a doua metodă se bazează pe folosirea *factorului de utilizare*.

Factorul de utilizare u al unei surse, într-o instalație de iluminat este raportul dintre fluxul luminos util (Φ_u) folosit efectiv pentru iluminarea suprafeței și fluxul luminos total Φ_0 emis de sursă,

$$u = \frac{\varphi_u}{\varphi_0}. \qquad (7.26)$$

Factorul u se determină din diagrama curbelor izocandele (atît pentru corpuri de iluminat simetrice cît și pentru cele asimetrice). În cazul iluminatului exterior pentru o șosea se trasează pe diagramă limitele suprafeței ocupate de șosea, trecînd de la coordonatele x_1 și x_2 la coordonatele δ și φ și se planimetrează fluxurile Φ_0 și Φ_u.

Trebuie să se țină seamă de asemenea și de randamentul corpului de iluminat (R_c). Rezultă în acest caz pentru factorul de utilizare expresia:

$$u = R_c \frac{\varphi_u}{\varphi_0}. \tag{7.27}$$

Dacă lățimea unei șosele este l, distanța dintre corpurile de iluminat este D (socotită în axul șoselei), iar fluxul luminos total emis de lămpile montate în fiecare corp Φ_0, atunci iluminarea medie este:

$$E_m = \frac{\varphi_0 \cdot u}{lD}. \tag{7.28}$$

Pentru rînduri paralele de corpuri de iluminat, fluxurile se însumează.

Dacă se ține cont și de coeficientul de depreciere (k_d) atunci rezultă pentru iluminarea medie de serviciu E_{ms} valoarea:

$$E_{ms} = \frac{\varphi_0 u k_d}{lD}, \tag{7.29}$$

8. Exploatarea și întreținerea instalațiilor de iluminat public

Activitățile de bază care se desfășoară în instalațiile electrice sînt exploatarea și întreținerea.

Prin noțiunea de *exploatare* se înțelege activitatea care asigură funcționarea instalațiilor electroenergetice în cele mai bune condiții tehnico-economice, pe toată durata lor de serviciu.

Prin noțiunea de *întreținere* se înțelege executarea de lucrări în instalațiile electroenergetice în vederea menținerii acestora în bună stare de funcționare și a duratei de funcționare normale.

8.1. Exploatarea instalaţiilor de iluminat public

Activitatea de exploatare constă din *deservire operativă* şi *lucrări curente.*

Personalul de exploatare are ca sarcină supravegherea funcţionării instalaţiei precum şi executarea unor lucrări în vederea prevenirii unor defecţiuni şi pentru localizarea şi remedierea incidentelor care pot apare în timpul exploatării.

În instalaţiile de iluminat public incidentele pot avea în general următoarele forme de manifestare:

— incidente în corpurile de iluminat sau lămpi (defecte de izolaţie sau de contact, lămpi arse);

— incidente în circuitele de alimentare a iluminatului public (defecte de izolaţie sau de conductoare);

— incidente în punctele de aprindere (defecte mecanice, defecte de contact etc.).

Pentru a se preveni în măsură cît mai mare apariţia unor incidente, instalaţiile se supun unui *control periodic.*

Întrucît controlul se face asupra instalaţiilor aflate în funcţiune nu se pot constata decît acele defecţiuni care sînt accesibile organelor de simţ, respectînd distanţele de protecţie impuse de normele în vigoare. Pentru a se lărgi domeniul accesibil controlului, uneori se pot folosi elemente de măsură şi control în vederea detectării unor defecte mai frecvente şi care nu pot fi sesizate direct.

Controlul instalaţiilor de iluminat public se referă în principal la starea de funcţionare a lămpilor şi la starea punctelor de aprindere.

Starea punctelor de aprindere se controlează în cadrul instalaţiilor din care fac parte (postul de transformare sau punctele de alimentare). Cu această ocazie se verifică starea contactelor, siguranţelor, aparatelor de comutaţie, contoarelor şi se fac reglajele necesare la contactor şi la ceasul de contact.

Starea de funcţionare a lămpilor se verifică prin controlul nocturn al iluminatului public.

Remedierile se fac pe loc sau ulterior, cu ocazia lucrărilor de revizie şi reparaţie. În acest caz trebuie ţinută o evidenţă a defecţiunilor constatate cu ocazia controalelor.

De asemenea, în conformitate cu „Normativul republican privind folosirea rațională a energiei electrice în iluminatul artificial precum și în utilizările casnice“ trebuie controlată păstrarea în timp a nivelurilor de iluminare și a celorlalți parametri ai instalațiilor de iluminat public prin măsurători efectuate cel puțin o dată pe an. Rezultatele măsurătorilor trebuie consemnate într-un proces verbal pentru a servi drept bază pentru eventualele măsuri ce se vor lua ca urmare a situației constatate.

Modul în care se poate face remedierea incidentelor în instalațiile de iluminat public depinde de natura incidentului, de felul instalației, de dotarea echipei de lucru etc.

Anumite lucrări (schimbarea becurilor, a siguranțelor arse și a globurilor sparte) se pot face fără scoaterea de sub tensiune a instalației, folosind utilaje, scule și material de protecție adecvat. Astfel, lucrul la înălțime în aceste situații trebuie executat numai cu autotelescopul, folosind scule cu mînere izolate și mijloace de protecție individuale (mănuși și cizme electroizolante, ochelari de protecție).

În celelalte cazuri (cum ar fi schimbarea duliilor și bobinelor de șoc sau înlocuirea coloanelor de alimentare) lucrările trebuie efectuate cu scoaterea de sub tensiune a instalației. După întreruperea alimentării, trebuie verificată cu indicatorul absența tensiunii și apoi montate scurtcircuitoare. Apoi se poate trece la urcarea pe stîlp cu ajutorul autotelescopului, a scărilor, sau dacă nu sînt alte restricții (v. subcap. 9.5) chiar la urcare directă, respectîndu-se în fiecare caz normele de protecție a muncii specifice.

Precauții sporite trebuie luate la lucrările cu urcare directă pe stîlpi de lemn, cînd trebuie verificat în plus gradul de putrezire al stîlpului. Aceasta se poate face cu ajutorul unei șurubelnițe sau a unui dispozitiv de străpungere, prin încercare în trei puncte, simetric dispuse pe circumferință.

Încercările trebuie efectuate la nivelul solului și la 20—25 cm sub nivelul solului, prin dezgroparea numai pe această adîncime a stîlpului. Dacă gradul de putrezire

depăşeşte 10% din diametru, urcarea se poate efectua numai după sprijinirea sau ancorarea stîlpilor. După verificare, pămîntul se aruncă la loc şi se bătătoreşte bine.

8.2. Întreţinerea instalaţiilor de iluminat public

Activitatea de întreţinere cuprinde reviziile şi reparaţiile. Aceste operaţii se execută cu scoaterea de sub tensiune a instalaţiei.

8.2.1. *Revizii*

Revizia este o activitate de întreţinere care se efectuează cu strictă periodicitate în instalaţiile electroenergetice în funcţiune sau în rezervă, pentru prevenirea defectelor, pentru determinarea stării de uzură a instalaţiilor şi pentru stabilirea naturii şi volumului de operaţii ce urmează a se executa cu ocazia următoarei reparaţii.

Cu ocazia reviziei se înlocuiesc sau se recondiţionează acele piese care nu mai pot rezista pînă la următoarea revizie, asigurîndu-se funcţionarea normală a instalaţiei pînă la viitoarea lucrare de întreţinere.

Pentru a limita durata şi frecvenţa întreruperilor datorate reviziilor e necesară o bună pregătire şi o execuţie de calitate. Astfel trebuie respectate o serie de principii cum ar fi:

— înainte de începerea reviziei trebuie recapitulate toate deficienţele constatate anterior pentru a le putea remedia cu această ocazie;

— echipele trebuie dotate cu toate sculele, materialele şi piesele de schimb specifice operaţiilor ce vor avea loc, asigurîndu-se şi rezerve;

— echipele trebuie să fie astfel organizate şi distribuite, încît să-şi poată desfăşura simultan activitatea şi să cuprindă un volum cît mai mare de instalaţii într-un timp relativ scurt;

— echipele aflate la distanțe mari de centrele de exploatare trebuie să fie dotate cu mijloace corespunzătoare de transport și de telecomunicații;

— reviziile diferitelor elemente ale rețelei trebuie astfel corelate încît tot ce se scoate de sub tensiune să fie supus simultan reviziei.

În continuare sînt prezentate lucrările ce se execută cu ocazia reviziilor la diferite părți constructive ale instalațiilor de iluminat public.

8.2.1.1. Revizia suporturilor și a corpurilor de iluminat

Revizia stîlpilor depinde de tipul stîlpului. Astfel la stîlpii din beton revizia are ca scop verificarea apariției unor eventuale crăpături și verificarea legăturilor la pămînt.

La stîlpii metalici se dă o atenție deosebită mai ales părților care nu sînt accesibile în timpul funcționării instalației, se verifică și se pune la punct protecția anticorosivă, se verifică și se strîng legăturile la pămînt. În cadrul operației de punere la punct a protecției anticorosive se desface pavajul de la baza stîlpului pînă la o adîncime de cca 50—60 cm, se curăță cu peria de sîrmă pînă apare metalul curat, după care se aplică stratul de vopsea anticorosivă. Se lasă să se usuce și eventual se vopsește la culoarea stîlpului. La terminarea acestor operații se reface pavajul.

La stîlpii de lemn, cu ocazia reviziei, trebuie să se verifice gradul de putrezire, în special în apropierea îmbinărilor, deoarece impregnarea este mai puțin eficientă în aceste zone, iar solicitările mecanice sînt maxime. În măsura posibilităților, la liniile cu stîlpi și console de lemn, înlocuirea elementelor putrede se face chiar cu ocazia reviziei.

În acest scop toate operațiile care se pot face fără scoaterea de sub tensiune, ca de exemplu: săparea gropilor lîngă stîlpii considerați putrezi, ridicarea stîlpilor noi etc., trebuie efectuate în prealabil.

Consolele pentru susținerea rețelelor de iluminat se verifică din punctul de vedere al uzurii mecanice și al îmbinărilor.

La *consolele metalice* se verifică îmbinările (şuruburi, piuliţe, şaibe, siguranţe, splinturi) şi starea protecţiei contra coroziunii. În caz de nevoie, cu ocazia reviziei, se face revopsirea cu stratul de vopsea necesar protecţiei împotriva coroziunii.

La *consolele de beton* este suficientă verificarea apariţiei crăpăturilor. De asemenea, trebuie verificate legăturile la pămînt, deoarece un contact slab poate fi topit cu ocazia unei descărcări sau conturnări şi legătura nu mai funcţionează.

Izolatoarele se verifică cu multă atenţie sub aspectul integrităţii lor şi a dispozitivelor de fixare pe stîlpi. Cele mai mici defecţiuni trebuie să determine înlocuirea izolatoarelor.

Porţiunile de conductor corodate, rupte, crăpate sau arse trebuie înlocuite, determinîndu-se însă şi cauzele defecţiunii pentru a se încerca înlăturarea lor.

Elementele de prindere a corpurilor de iluminat trebuie verificate cu deosebită grijă din punct de vedere al menţinerii poziţiei corpului de iluminat. În cazul corpurilor de iluminat deplasate din cauza vibraţiilor stîlpului, a vîntului etc., trebuie efectuată reorientarea lor corectă. De asemenea, cu ocazia reviziei trebuie avută în vedere starea de curăţenie, lipsa coroziunii, existenţa şi buna consolidare a tuturor pieselor de legătură (cleme, şuruburi, şaibe, splinturi, siguranţe etc.). Piesele de legătură slăbite se strîng şi se pun la punct, iar cele lipsă se înlocuiesc.

Este necesar însă ca pe lîngă remedieri să se caute şi cauzele defecţiunilor (vibraţii, solicitări dezechilibrate etc.) pentru a le preveni pe viitor.

Corpurile de iluminat trebuie întreţinute cu grijă pentru menţinerea cît mai îndelungată a caracteristicilor iniţiale optice, mecanice şi electrice.

Sursele de lumină montate în corpurile de iluminat precum şi armăturile şi sistemele optice ale acestora sînt supuse uzurii în timp. Astfel, lămpile suferă o depreciere ce creşte cu durata de utilizare, iar armăturile şi sistemele optice se uzează, de asemenea, în funcţie de construcţia lor.

Corpurile de iluminat se degradează cu timpul datorită acțiunii corosive a mediului înconjurător. Astfel, oglinda reflectorului se distruge din cauza umidității din atmosferă, pierzînd mai mult sau mai puțin din calitățile inițiale.

Depunerea prafului din atmosferă pe oglinzile reflectoare sau pe celelalte elemente ale sistemului optic are ca urmare micșorarea randamentului corpului de iluminat.

Revizia corpului de iluminat trebuie să se facă la interval de maximum un an. Cu această ocazie se curăță lămpile, vizoarele și oglinzile de iluminat. Corpurile de iluminat la care s-a constatat degradarea oglinzii se vor înlocui.

În vederea asigurării unei funcționări de calitate a lămpilor, o dată pe an se va verifica nivelul de tensiune și se vor lua măsuri de remediere dacă este cazul.

Anual, pe arterele cu vegetație bogată, se va tunde coronamentul arborilor, în scopul degajării corpurilor de iluminat.

Datorită eficienței luminoase reduse, se recomandă înlocuirea tuturor lămpilor cu incandescență de 100 W existente cu lămpi cu descărcări, pe baza unor planuri anuale.

8.2.1.2. Revizia punctelor de aprindere

Procesul tehnologic al lucrărilor de revizie la punctele de aprindere cuprinde următoarele operații:

— verificarea și reglarea mecanismului ceasului de contact;
— verificarea circuitelor electrice ale aparatajului;
— înlocuirea siguranțelor defecte;
— verificarea funcționării contorului;
— verificarea funcționării contactorului;
— verificarea stării fizice a prizei de pămînt;
— executarea vopsirii părții metalice și refacerea inscripțiilor.

Verificarea și reglarea mecanismului ceasului de contact. Se întrerupe tensiunea prin scoaterea siguranțelor

din postul de transformare, se verifică lipsa de tensiune la punctul de aprindere și se montează scurtcircuitoare.

După executarea operațiunilor de mai sus se verifică mersul normal al ceasului la poziția punctelor de contact, în funcție de timpul de aprindere al iluminatului și se fac reglajele respective.

Se verifică contactul de închidere al circuitului ce alimentează contactorul TCA.

Verificarea circuitelor electrice ale aparatajului. Această operație constă în verificarea tuturor legăturilor între ceas, contactor TCA, contor, siguranțe precum și legătura la priza de pămînt.

Înlocuirea siguranțelor. În cazul cînd se constată deteriorarea siguranței se procedează la înlocuirea atît a fuzibilului, cît și a întregului corp acolo unde este cazul. Este indicat ca fuzibilul înlocuit să fie calibrat în mod corespunzător după puterea absorbită și să se asigure stabilirea unui contact cît mai perfect.

Verificarea funcționării contorului. Verificarea funcționării contorului se face prin observarea vizuală a rotațiilor discului în sensul de rotație al săgeții. De asemenea se verifică starea conexiunilor la bornele transformatoarelor de curent, cît și, corespondența raportului de transformare al transformatoarelor de măsură montate față de puterea instalată din zona respectivă.

Verificarea funcționării normale a contactorului TCA. Succesiunea operațiilor este următoarea:

— se verifică starea fizică a contactelor fixe și mobile pe cele trei faze, la intrare — ieșire;

— se verifică poziția de închidere a circuitelor magnetice;

— se verifică elasticitatea resoartelor și conexiunea bobinei de anclanșare;

— se fac probe de funcționare;

Verificarea stării fizice a prizei de pămînt. Se verifică starea fizică a prizei de pămînt, urmărindu-se continuitatea cordonului sau a platbandei pînă la aparatul legat la pămînt, precum și starea contactului legăturii dintre papucul de legare la pămînt și borna aparatului respectiv.

8.2.2. *Reparații*

Reparația este activitatea de întreținere care se execută în mod periodic la o instalație, prin înlocuirea unui număr important de elemente constructive uzate sau deteriorate în scopul asigurării funcționării normale a instalațiilor pe tot intervalul de timp pînă la noua reparație.

Periodicitatea operațiilor este condiționată de planificările întocmite pe baza constatărilor făcute cu ocazia reviziilor.

Pregătirea lucrărilor de reparații periodice trebuie să aibă în vedere următoarele scopuri:

— utilizarea la maxim a timpului acordat pentru scoaterea din funcțiune a instalațiilor, prin realizarea unui volum cît mai mare de lucrări într-un timp dat;

— utilizarea la maxim a capacității de lucru a echipelor;

— executarea unor reparații de calitate, prin rezolvarea tuturor deficiențelor, asigurîndu-se un interval de funcționare normală cît mai îndelungat între două reparații consecutive.

La baza unei bune pregătiri a reparațiilor trebuie să stea următoarele preocupări:

— cunoașterea perfectă a instalațiilor, atît sub aspectul elementelor componente, cît și sub aspectul stării lor;

— pregătirea multilaterală a personalului de reparații și dotarea acestuia cu tot utilajul necesar;

— asigurarea permanentă cu toate materialele și piesele de schimb necesare reparației.

Lucrările de reparații în iluminatul public se execută conform metodologiei de construcții-montaj și a fazelor tehnologice existente pentru aceste lucrări.

Conținutul reparațiilor se referă în special la:
— înlocuirea stîlpilor de beton și metal;
— înlocuirea corpurilor de iluminat;
— înlocuirea brațelor și a prelungirilor;
— montarea punctului de aprindere în cabină sau pe stîlp, în cutie de protecție;
— înlocuirea conductoarelor aeriene sau a cablurilor.

În cazul lucrărilor la liniile electrice subterane de alimentare a iluminatului public, trebuie luate o serie de măsuri diferite de cele luate în cazul alimentării aeriene.

Astfel, săpăturile pe traseul de cabluri se execută numai cu mijloace manuale, pentru a se evita unele deteriorări ale cablurilor care ar putea apare cu această ocazie. La adîncimi de peste 0,4 m, săpăturile trebuie efectuate numai cu lopeţi.

În cazul dezgropării unei instalaţii, executantul are obligaţia să-şi întrerupă activitatea şi să anunţe şeful de lucrare, fiind permisă continuarea lucrărilor numai după identificarea instalaţiei respective şi după aprobarea şefului de lucrare.

Cablurile şi manşoanele care rămîn suspendate în urma unor săpături adînci trebuie susţinute prin consolidare pe scînduri şi grinzi, nefiind permisă suspendarea pe cablurile învecinate. În apropierea cablurilor dezgropate prin săpături se montează plăcuţe pentru avertizare privind pericolul de electrocutare.

Se delimitează zona protejată, luîndu-se măsurile de protecţie a muncii impuse de N.P.M., în toate punctele de unde cablul poate fi pus sub tensiune şi se trece apoi la identificarea pe traseu a cablului, la locul lucrării, după planuri.

După identificare, se face verificarea lipsei de tensiune cu ajutorul unui dispozitiv de străpungere mecanică a izolaţiei, manevrat cu o prăjină electroizolantă, respectîndu-se următoarele:

— se îngrădeşte locul de muncă;

— se bate în pămînt ţăruşul metalic al perforatorului la minimum 0,5 m adîncime;

— se suspendă cablul pe două cărămizi pentru a-i putea monta perforatorul;

— se leagă la pămînt partea metalică a dispozitivului de perforat printr-un conductor flexibil de cupru de 25 mm;

— persoana care execută perforarea va sta pe marginea gropii, pe un covoraş de protecţie, va purta cisme şi mănuşi electroizolante precum şi ochelari de protecţie.

După perforarea cablului se eliberează echipei de reparaţii autorizaţia de lucru.

9. Măsuri de protecție a muncii specifice iluminatului public

La executarea lucrărilor de iluminat public se aplică, pe lîngă măsurile generale de protecție a muncii și unele măsuri specifice, a căror cunoaștere și respectare este obligatorie.

Din punct de vedere al măsurilor de protecție a muncii, lucrările care se execută în instalațiile electrice de joasă tensiune aflate în funcțiune sînt:

— cu întrerupere totală a tensiunii;
— cu întrerupere parțială a tensiunii;
— fără întrerupere a tensiunii.

Organizarea activităților se face de către maistrul lucrărilor care le înregistrează în registrul de evidență a lucrărilor executate fără autorizație de lucru, completînd următoarele:

— numele șefului de lucrare și numărul membrilor din echipă;
— numărul instrucțiunii tehnice interne, pentru lucrarea respectivă;
— instalația în care se lucrează;
— data și ora începerii și a terminării lucrării;
— condiții de executare a lucrării (cu întreruperea totală sau parțială a tensiunii sau sub tensiune).

În cazul instalațiilor de iluminat public, șeful de lucrare este obligatoriu și responsabilul cu admiterea la lucru.

Instalațiile de iluminat public fiind fără personal permanent, execuția lucrărilor cu sau fără întreruperea tensiunii și aplicarea măsurilor de protecție a muncii se asigură de către centrele de rețele prin:

— *personalul de deservire operativă* aferent centrului de intervenții și reclamații (CIR); pentru remedierea deranjamentelor, personalul de la CIR va lucra pe baza ordinelor de serviciu în care se vor consemna obligatoriu măsurile de protecție a muncii pentru specificul respectiv;

— *echipele de iluminat,* desemnate special pentru aceste lucrări care asigură funcționarea corespunzătoare a instalațiilor de iluminat public.

9.1. Dotarea echipei de iluminat

Dotarea echipei se referă la utilajul, sculele, materialele de protecție etc., necesare pentru efectuarea principalelor lucrări ce se execută de către echipă și de care aceasta trebuie să se îngrijească periodic, în sensul întreținerii, completării sau înlocuirii.

Pentru lucrul la înălțime se utilizează autotelescoape, autoplatforme, scări de lemn sau metalice, cîrlige pentru urcare, centuri de siguranță.

În cazul în care lucrarea se execută cu *autotelescopul,* muncitorul trebuie să fie asigurat contra căderii prin montarea lanțurilor de siguranță și utilizarea centurii individuale de siguranță, prinsă prin cordon de coșul autotelescopului.

Deplasarea în poziția de lucru și cu persoane în coșul autotelescopului se permite numai pe distanțe scurte și cu ridicarea numai a primului tronson.

Scările de lemn se utilizează pînă la sarcini de cel mult 100 kg.

Scările simple de lemn trebuie să fie de maximum 5 m lungime. În cazul în care depășesc această lungime trebuie consolidate la mijloc. Nu este permisă folosirea scărilor legate sau prelungite (provizoriu) cu excepția celor alonjabile. Lungimea scărilor trebuie astfel aleasă încît să permită lucrul pe o treaptă care se găsește la o diferență de cel puțin 0,8 m față de capătul ultimelor două trepte ale scărilor duble sau simple.

Scările duble trebuie să fie prevăzute cu cîrlige de siguranță care se montează în vederea evitării apropierii celor două părți. Această operație se face odată cu pregătirea scării pentru lucru.

Nu este permisă folosirea scărilor care au trepte lipsă și a celor reparate provizoriu. Scările trebuie menținute

într-o stare corespunzătoare, ferindu-se de acţiunea directă a soarelui, ploii sau umidităţii şi se va evita pe cît posibil păstrarea lor în poziţie culcată la sol.

Scările care se aşează pe suprafeţe netede trebuie să aibă vîrfurile picioarelor din cauciuc, iar cele care se aşează pe pămînt trebuie să aibă vîrfurile picioarelor din metal ascuţit. Atunci cînd se poate, este recomandabilă legarea scării atît la capătul superior cît şi la cel inferior, pentru a se evita rotirea. Dacă este necesară sprijinirea scării pe un conductor, ea trebuie să fie prevăzută la capăt cu un cîrlig şi întărită prin tiranţi.

Înclinarea optimă a unei scări este cea la care raportul între înălţimea punctului de fixare a vîrfului scării pe suport şi distanţa bazei faţă de suport este de 3/1.

Scările mecanice pe pneuri se pot utiliza numai după fixare în mod corespunzător, nefiind permisă urcarea fără această asigurare, iar persoana care execută lucrarea trebuie să fie asigurată prin centură de siguranţă. Nu este permisă deplasarea scărilor cu persoane pe ele.

La utilizarea *cîrligelor pentru urcare directă* pe stîlpi se vor avea în vedere următoarele:

— deschiderea diametrului cîrligului trebuie să corespundă construcţiei şi grosimii stîlpului, nefiind permisă mărirea, respectiv micşorarea acestei deschideri prin îndoiri la rece;

— curelele de prindere nu trebuie să fie rupte, uscate sau înădite cu sîrmă;

— ghiarele de prindere trebuie să fie ascuţite;

— manşoanele de cauciuc uzate sau rupte se vor înlocui;

— nu este permisă urcarea cu cîrlige pe stîlpii de beton pe timp ploios.

Centurile de siguranţă se vor folosi obligatoriu în toate cazurile în care înălţimea de la sol la picioarele executantului depăşeşte 2 m. Centurile de siguranţă trebuie ajustate pentru fiecare muncitor în parte, fiind interzisă executarea acestei ajustări prin buclare cu sîrmă sau prin înodare.

Lista principalelor aparate, scule, dispozitive şi obiecte de inventar din dotarea echipei de iluminat este prezentată în anexa 2.

9.2. Lucrări executate cu întreruperea totată a tensiunii tuturor circuitelor de pe stîlpii comuni

Echipa va fi formată dintr-un electrician gradul IV, protecția muncii (PM) ca șef de lucrare și un electrician gradul II, protecția muncii ca executant.

Măsurile care se iau pentru executarea acestor lucrări sînt:

— scoaterea de sub tensiune a tuturor circuitelor;

— blocarea dispozitivelor de acționare-comandă în poziția „deschis" și montarea plăcuțelor avertizoare de interdicție;

— verificarea lipsei de tensiune;

— legarea instalațiilor la pămînt și în scurtcircuit;

— delimitarea materială de protecție a zonei protejate cu împrejmuiri mobile;

— delimitarea materială a zonei de lucru cu împrejmuiri mobile.

În cazul cînd zona de lucru nu corespunde cu zona protejată se vor lua următoarele măsuri tehnice suplimentare cu privire la securitatea personalului;

— verificarea lipsei de tensiune;

— montarea scurtcircuitoarelor necesare, vizibile la locul de muncă;

— delimitarea materială de protecție a zonei de lucru cu împrejmuiri mobile.

În instalațiile de joasă comune cu cele de medie tensiune distanța pe verticală între conductorul cel mai de sus al rețelei de joasă tensiune și conductorul cel mai de jos al rețelei de medie tensiune trebuie să fie de cel puțin 2 m.

În rețelele de joasă tensiune pe stîlpi de lemn folosiți în comun cu circuitele de radioficare, în cazul urcării pe stîlp cu ajutorul cîrligelor se vor lua măsuri de întrerupere a circuitelor de radioficare prin organele P.T.T.R. În zona de lucru a echipei, circuitele de radioficare vor fi scurtcircuitate și legate la pămînt.

9.3. Lucrări executate cu scoaterea parţială de sub tensiune numai a circuitelor de iluminat public

Echipa va fi formată dintr-un electrician gradul III. P.M. ca şef de lucrare şi un electrician gradul II. P.M. ca executant. Măsurile care se iau pentru executarea acestor lucrări sînt:

— scoaterea de sub tensiune a circuitului de iluminat public prin scoaterea siguranţelor din cutia de distribuţie;

— scoaterea siguranţelor din punctul de aprindere şi anularea comenzii pentru impuls de aprindere;

— blocarea dispozitivelor de acţionare — comandă în poziţia „deschis“ şi montarea plăcuţelor avertizoare de interdicţie pe circuitul întrerupt;

— blocarea cu lacăt sau închiderea cu cheia a punctului de aprindere şi a cutiei de distribuţie;

— delimitarea materială de protecţie a zonei protejate prin îngrădiri provizorii mobile (bandă roşie);

— delimitarea materială de protecţie a zonei de lucru prin îngrădiri provizorii mobile montate la maximum 2 km (cînd poate fi vizibilă) şi la fiecare derivaţie din reţea pe străzile unde se lucrează.

Accesul muncitorilor la corpul de iluminat se poate face cu ajutorul autotelescopului, cu scară mecanică sau prin urcare directă pe stîlpul de lemn.

Personalul executant trebuie să folosească obligatoriu cască de protecţie, ochelari de protecţie, cizme şi mănuşi electroizolante de joasă tensiune.

Conducătorul auto de la mijloacele folosite pentru lucrările în iluminatul public (autotelescop, autoscară) va purta obligatoriu cizme electroizolante de joasă tensiune şi cască de protecţie.

Este interzisă urcarea directă a muncitorilor pe stîlpi de metal, beton sau pe stîlpii de lemn pe care există conductoare de coborîre la prizele de pămînt, ancore, cabluri de racord, ieşiri din posturile de transformare, circuite de radioficare.

Înlocuirea becurilor şi siguranţelor la lămpi pentru aceste categorii de stîlpi se face numai din autotelescop

sau autoscară, cu participarea a două persoane, dintre care una pentru supraveghere.

În cazul cînd corpul de iluminat se află montat între conductorul de iluminat și rețeaua de distribuție, lucrările se vor executa numai cu întreruperea totală a tensiunii și luarea măsurilor arătate la subcap. 9.2.

9.4. Lucrări executate cu rețeaua de distribuție și cu cea de iluminat aflată sub tensiune

Echipa va fi formată dintr-un electrician gradul III. P.M. ca șef de lucrare și un electrician gradul II. P.M. ca executant.

Lucrările care se pot executa în aceste condiții sînt înlocuirea becurilor arse sau a siguranțelor la lămpi, respectînd următoarele măsuri:

— delimitarea materială de protecție a zonei de lucru se face prin îngrădiri provizorii mobile, montate la maximum 2 km (cînd poate fi vizibilă) și la fiecare derivație din rețea pe rînd, pe străzile unde se lucrează;

— executarea lucrărilor se face cu autotelescopul sau cu autoscara; în acest caz electricianul ce lucrează pe scară sau în coșul autotelescopului se va asigura contra căderii folosind cordonul de siguranță;

— dispozitivul de ridicare al autotelescopului se va asigura contra înclinării prin butonul de fixare;

— se admite deplasarea autotelescopului în poziția de lucru, cu electricianul aflat în coșul acestuia, numai pe distanța unui spațiu, cu coșul ridicat pe primul tronson;

— toate deplasările și manevrele autoscării sau autotelescopului se fac la dispoziția și sub supravegherea șefului de lucrare;

— se admite urcarea directă pe stîlpii de lemn pentru înlocuirea becurilor sub directa supraveghere a șefului de lucrare, numai pe acei stîlpi care nu sînt prevăzuți cu conductor de coborîre la priza de pămînt, ancore, cablu de racord, ieșiri din post și circuite de radioficare;

— șeful de lucrare va supraveghea în permanență toate operațiile efectuate de electricianul executant.

Înlocuirea becurilor și siguranțelor arse la lămpile de iluminat public, în timpul nopții, cînd rețeaua de iluminat public se află în funcțiune, se poate efectua cu luarea strictă a următoarelor măsuri de protecție a muncii:

— locul de muncă trebuie să fie bine iluminat de la o sursă independentă (reflector, faruri etc.);

— accesul muncitorilor la corpul de iluminat se face numai cu autotelescopul;

— în punctele de lucru care prezintă pericol pentru securitatea personalului de execuție sînt interzise intervențiile;

— muncitorul va fi echipat cu cizme și mănuși electroizolante de joasă tensiune, ochelari de protecție, cască de protecție și scule cu mînere izolante.

Pe timp nefavorabil (ploaie, descărcări atmosferice, viscol) este interzisă executarea lucrărilor în rețeaua aflată sub tensiune.

Funcţii trigonometrice folosite la calculul iluminării

$\frac{l}{h}=\text{tg } i$	i		sin i	sin² i	cos i	cos² i	cos³ i	cos² i · · sin i
	grade	radiani						
0,00	0°00′	0,000	0,000	0,0000	1,000	1,0000	1,000	0,000
0,05	2°52′	0,050	0,050	0,0025	0,999	0,9975	0,996	0,050
0,10	5°43′	0,100	0,100	0,010	0,995	0,990	0,985	0,099
0,15	8°32′	0,149	0,148	0,022	0,989	0,978	0,967	0,145
0,20	11°19′	0,197	0,196	0,039	0,981	0,961	0,943	0,189
0,25	14°02′	0,245	0,243	0,059	0,970	0,941	0,913	0,228
0,30	16°42′	0,291	0,287	0,083	0,958	0,917	0,879	0,264
0,35	19°17′	0,337	0,330	0,109	0,944	0,891	0,841	0,294
0,40	21°48′	0,380	0,371	0,138	0,929	0,862	0,800	0,320
0,45	24°14′	0,423	0,410	0,168	0,912	0,832	0,758	0,341
0,50	26°34′	0,464	0,447	0,200	0,894	0,800	0,716	0,358
0,60	30°58′	0,540	0,515	0,265	0,857	0,735	0,630	0,378
0,70	35°00′	0,611	0,574	0,329	0,819	0,671	0,550	0,385
0,80	38°40′	0,675	0,625	0,390	0,781	0,610	0,476	0,381
0,90	41°59′	0,733	0,669	0,447	0,743	0,553	0,411	0,371
1,00	45°00′	0,785	0,707	0,500	0,707	0,500	0,354	0,354
1,10	47°44′	0,833	0,740	0,548	0,673	0,452	0,304	0,335
1,20	50°12′	0,876	0,768	0,590	0,640	0,410	0,262	0,315
1,30	52°26′	0,905	0,793	0,628	0,610	0,372	0,227	0,295
1,40	54°28′	0,951	0,814	0,662	0,581	0,338	0,196	0,275
1,50	56°19′	0,983	0,832	0,692	0,555	0,308	0,171	0,256
1,60	58°00′	1,012	0,848	0,719	0,530	0,281	0,149	0,238
1,80	60°57′	1,064	0,874	0,764	0,486	0,236	0,114	0,206
2,00	63°26′	1,107	0,894	0,800	0,447	0,200	0,0895	0,179
2.40	67°23′	1,176	0,923	0,852	0,385	0,148	0,0569	0,137
2,60	68°58′	1,204	0,933	0,871	0,359	0,129	0,0462	0,120
2,80	70°21′	1,228	0,942	0,887	0,336	0,113	0,0380	0,106
3,00	71°34′	1,249	0,949	0,900	0,316	0,100	0,0316	0,095
3,50	74°03′	1,292	0,962	0,924	0,275	0,076	0,0208	0,073
4,00	75°58′	1,326	0,970	0,941	0,242	0,059	0,0143	0,057
4,50	77°28′	1,352	0,976	0,953	0,217	0,047	0,0102	0,046
5,00	78°41′	1,373	0,981	0,961	0,196	0,039	0,0076	0,038
5,50	79°42′	1,391	0,984	0,968	0,179	0,032	0,0057	0,031
6,00	80°32′	1,406	0,986	0,973	0,164	0,027	0,0045	0,027
7,00	81°52′	1,429	0,990	0,980	0,141	0,020	0,0028	0,020
7,50	82°24′	1,438	0,991	0,983	0,132	0,017	0,0023	0,017
8,00	82°53′	1,447	0,992	0,985	0,124	0,015	0,0019	0,015
8,50	83°17′	1,454	0,993	0,986	0,117	0,014	0,0016	0,014
9,00	83°40′	1,460	0,994	0,988	0,110	0,012	0,0013	0,012
9,50	83°59′	1,466	0,995	0,989	0,105	0,011	0,0012	0,011
10,00	84°17′	1,471	0,995	0,990	0,100	0,010	0,0010	0,010

LISTA

principalelor aparate, scule, dispozitive și obiecte de inventar din dotarea echipei de iluminat

Aparate de măsurat și indicatoare

— voltmetru	1 buc.
— ampermetru	1 buc.
— inductor 2 500 V	1 buc.
— indicator de joasă tensiune	fiecare lucrător

Scule și dispozitive

— clești diferiți	1 trusă
— cleşte patent izolant	fiecare lucrător
— cleşte special cu fălci rotunde	3 buc.
— cleşte de cuie	2 buc.

Scule pentru tăiat, găurit și curățat metal

— cuțit pentru tăiat manta de Pb, Al, PVC	3 buc.
— cuțit pentru tăiat izolație	2 buc.
— foarfecă de tablă	1 buc.
— foarfecă pentru pînză sau hîrtie	1 buc.
— ferăstrău pentru tăiat metale	1 buc.
— perii de sîrmă	2 buc.
— burghie spirale diferite 4—15 mm	1 buc.
— mașină de găurit electrică	1 buc.
— mașină de găurit manuală	1 buc.

Scule diverse

— ciocan 1 kg	2 buc.
— dălți diferite	4 buc.
— dornuri diferite	4 buc.
— pensule diferite	4 buc.
— trusă de chei fixe 8—30 mm	1 trusă
— trusă de chei tubulare 14—32 mm	1 trusă
— cheie franceză	1 buc.
— menghină de banc	1 buc.
— polizor electric de mînă	1 buc.
— lampă de benzină de 2 l	2 buc.
— pile diferite	6 buc.
— șurubelnițe diferite	10 buc.

Obiecte de inventar

— cazan special de 10 l pentru topit masă neagră	1 buc.
— căzănel special pentru topit masă galbenă	1 buc.
— lingură (cancioc) pentru turnat masă galbenă	1 buc.
— arzător de gaz și butelie	1 buc.

— îngrădire metalică demontabilă	2 buc.
— felinar de semnalizări	1 buc.
— lanterne	2 buc.
— lopeţi	4 buc.
— cazmale	4 buc.
— tîrnăcoape	2 buc.
— leviere	2 buc.
— bidoane de 5 l pentru benzină	2 buc.

Echipament de protecţie

— ochelari de protecţie	fiecare lucrător
— cască de protecţie	„
— cizme electroizolante de joasă tensiune	„
— mănuşi electroizolante de joasă tensiune	„
— covor electroizolant	2 buc.
— cort de lucru	1 buc.
— centură de siguranţă	fiecare lucrător
— indicatoare de securitare	1 set
— bandă roşie	

Orarul de aprindere și stingere a iluminatului public și a iluminatului exterior din incintele unităților socialiste cu reglare decadală

Nr. crt.	Luna	Decada	Zona I		Zona a II-a		Zona a III-a	
			Ora de aprindere	Ora de stingere	Ora de aprindere	Ora de stingere	Ora de aprindere	Ora de stingere
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1.	ianuarie	1–10 11–20 21–31	17,22 17,18 17,32	7,22 7,17 7,12	17,10 17,25 17,40	7,30 7,25 7,20	17,23 17,38 17,53	7,43 7,38 7,33
2.	februarie	1–9 10–19 20–28	17,45 17,58 18,10	7,05 6.45 6,35	17,53 18,06 18,19	7,15 6,55 6,40	18,06 18,19 18,32	7,28 7,08 6,53
3.	martie	1–10 11–20 21–31	18,25 18,38 18,50	6,12 5,58 5,37	18,33 18,46 18,59	6,20 6,05 5,45	18,46 18,59 19,12	6,33 6,18 5,58
4.	aprilie	1–10 11–20 21–30	19,05 19,18 19,30	5,17 5,00 4,45	19,12 19,26 19,39	5,25 5,10 4,53	19,25 19,39 19,52	5,38 5,23 5,06
5.	mai	1–10 11–20 21–31	19,45 19,57 20,10	4,27 4,18 4,07	19,52 20,05 20,18	4,35 4,25 4,15	20,05 20,18 20,31	4,48 4,38 4,28
6.	iunie	1–10 11–20 21–30	20,20 20,25 20,28	4,00 3,52 3,52	20,28 20,32 20,35	4,10 4,00 4,00	20,41 20,45 20,48	4,23 4,13 4,13
7.	iunie	1–10 11–20 21–31	20,25 20,20 20,10	4,01 4,12 4,25	20,33 20,29 20,20	4,10 4,20 4,33	20,46 20,42 20,33	4,23 4,33 4,46
8.	august	1–10 11–20 21–31	19,58 19,42 19,25	4,36 4,47 4,58	20,06 19,50 19,32	4,44 4,55 5,06	20,19 20,03 19,45	4,57 5,08 5,19

0	1	2	3	4	5	6	7	8
9.	septembrie	1–10	19,05	5,10	19,13	5,18	19,26	5,31
		11–20	19,46	5,22	18,54	5,30	19,07	5,43
		21–30	18,28	5,35	18,36	5,43	18,49	5,56
10.	octombrie	1–10	18,10	5,48	18,17	5,56	18,30	6,09
		11–20	18,50	6,00	17,58	6,09	18,11	6,22
		21–31	17,33	6,13	17,41	6,21	17,54	6,34
11.	noiembrie	1–10	17,17	6,27	17,25	6,35	17,38	6,48
		11–20	17,05	6,40	17,12	6,48	17,25	7,01
		21–30	16,55	6,54	17,03	7,02	17,16	7,15
12.	decembrie	1–10	16,00	7,05	16,58	7,14	17,11	7,27
		11–20	16,48	7,15	16,56	7,23	17,09	7,36
		21–31	16,50	7,23	16,59	7,31	17,15	7,43

Orarul de aprindere şi stingere a iluminatului public şi a iluminatului exterior din incintele unităţilor socialiste cu reglare lunară

Nr. crt.	Luna	Perioada	Zona I		Zona a II-a		Zona a III-a	
			ora de aprindere	ora de stingere	ora de aprindere	ora de stingere	ora de aprindere	ora de stingere
1.	ianuarie	1–31	17,22	7,17	17,30	7,25	17,43	7,38
2.	februarie	1–28	18,00	6,37	18,10	6,45	18,23	6,58
3.	martie	1–31	18,40	5,47	18,48	5,55	19,00	6,08
4.	aprilie	1–30	19,17	4,47	19,25	4,55	19,38	5,08
5.	mai	1–31	19,52	4,17	20,00	4,25	20,13	4,38
6.	iunie	1–30	20,22	3,52	20,30	4,00	20,43	4,13
7.	iulie	1–31	20,12	4,00	20,20	4,25	20,33	4,38
8.	august	1–31	19,37	4,37	19,45	4,45	19,58	4,58
9.	septembrie	1–30	18,52	5,22	19,00	5,30	19,13	5,43
10.	octombrie	1–31	18,00	5,57	18,10	6,05	18,23	6,18
11.	noiembrie	1–30	17,10	6,35	17,10	6,12	17,30	6,55
12.	decembrie	1–31	18,52	7,07	17,00	7,15	17,13	7,18

ANEXA 3 (continuare)

Situația împărțirii pe zone, din punct de vedere al aprinderii și stingerii iluminatului a județelor din Republica Socialistă România, ținînd seama de diferența de fus orar

Zona I	Zona a II-a	Zona a III-a
Județul Tulcea	Municipiul București	Județul Dolj
Județul Constanța	Județul Ilfov	Județul Mehedinți
Județul Ialomița	Județul Teleorman	Județul Gorj
Județul Brăila	Județul Olt	Județul Caraș-Severin
Județul Galați	Județul Vîlcea	Județul Timiș
Județul Vrancea	Județul Argeș	Județul Hunedoara
Județul Vaslui	Județul Dîmbovița	Județul Alba
Județul Iași	Județul Prahova	Județul Arad
	Județul Buzău	Județul Bihor
	Județul Covasna	Județul Cluj
	Județul Brașov	Județul Sălaj
	Județul Sibiu	Județul Satu-Mare
	Județul Mureș	Județul Maramureș
	Județul Harghita	
	Județul Bacău	
	Județul Neamț	
	Județul Suceava	
	Județul Bistrița-Năsăud	
	Județul Botoșani	

Bibliografie

1. * * * STAS 737/1-72. *Sistemul internațional de unități. Unități fundamentale și unități suplimentare.*
2. * * * STAS 731/2-73. *Sistemul internațional de unități. Unități derivate.*
3. * * * STAS 2849/1-73. *Radiometrie, fotometrie și colorimetrie. Mărimi energetice și fotometrice. Terminologie.*
4. * * * STAS 3687/1-73. *Iluminat. Iluminatul artificial și natural. Terminologie.*
5. * * * STAS 3687/2-72. *Iluminat. Lămpi și corpuri de iluminat. Terminologie.*
6. * * * STAS 6115-71. *Lămpi electrice cu incandescență pentru iluminat general. Lămpi cu filament de wolfram.*
7. * * * STAS 6824-68. *Lămpi fluorescente tubulare pentru iluminat general. Condiții generale.*
8. * * * STAS 7832-73. *Lămpi electrice cu descărcări în gaze cu vapori de mercur de înaltă presiune în balon fluorescent pentru iluminat general.*
9. * * * STAS 8405-69. *Balasturi pentru lămpi cu vapori de mercur de înaltă presiune în balon fluorescent. Condiții generale.*
10. * * * STAS 7290-75. *Lămpi cu descărcări în gaze. Clasificare și terminologie.*
11. * * * *Normativ pentru proiectarea și execuția iluminatului public.* București, O.D.P.T., 1972.
12. * * * *Propunere de normativ pentru proiectarea și utilizarea instalațiilor de iluminat public și din incinte industriale.* I.D.E.B.
13. * * * *Normativ republican privind folosirea rațională a energiei electrice la iluminatul artificial precum și în utilizările casnice.* În: Buletinul oficial al R.S.R., anul XII, nr. 46—47, 21 mai 1976.
14. BĂILESCU, A. și SAVOPOL, D. *Iluminat electric. Îndreptar.* București, Editura tehnică, 1967, 320 p.
15. PRISECARU, V. ș.a. *Utilizarea energiei electrice.* București, Editura didactică și pedagogică, 1969, 438 p.
16. VĂZDĂUȚEANU, V. *Utilizarea energiei electrice.* București, Editura didactică și pedagogică, 1968, 460 p.

17. GHEORGHIU, N. ŞI MILITARU, P. *Teoria şi practica iluminatului electric.* Bucureşti, Editura tehnică, 1970, 383 p.
18. GHEORGHIU, N. ş.a. *Utilizarea energiei electrice în industrie şi agricultură.* Bucureşti, Editura tehnică, 1974, 428 p.
19. MICU, E. *Utilizarea energiei electrice în industrie şi transporturi.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1975, 376 p.
20. ŞTIRBULESCU, I. *Influenţa reducerii pierderilor de putere asupra regimurilor economice ale staţiilor şi liniilor electrice.* Bucureşti, Editura tehnică, 1975, 196 p.
21. CHIRIŢĂ, GH. ŞI ALEXE, E. *Cartea instalatorului electrician. Bucureşti,* Editura tehnică, 1970, 510 p.
22. VOLOŢCOI, N. V. *Cum se conectează la reţea lămpile fluorescente.* Bucureşti, Editura tehnică, 1963, 44 p.
23. * * * *Norme de protecţie a muncii pentru instalaţii electrice.* Bucureşti, O.D.P.T., 1971, 286 p.
24. BACIU, A. şi LASZLO, T. *Exploatarea şi repararea reţelelor electrice.* Bucureşti, Editura tehnică, 1969, 414 p.
25. * * * Catalog. *Elemente tip pentru iluminatul public.* I.D.E.B.
26. BARDIN, J. *Principales applications pratiques actuelles des lampes à incandescence aux halogènes.* În: Revue générale de l'électricité. Vol. 75, nr. 7—8, iulie—aug., 1966,p. 997—1006.
27. VALIN, J. *L'aeroport de Roissy-en-France. Eclairage des routes et des grands espaces.* Idem, vol. 82, nr. 10, oct., 1973, p. 620—623.
28. DIMA, I. ş.a. *Dicţionar de fizică.* Bucureşti, Editura enciclopedică română, 1972, 501 p.

Cuprins

1. *Introducere* 3
2. *Mărimi fotometrice și unități de măsură* 4
   2.1. Fluxul luminos 5
   2.2. Intensitatea luminoasă 6
   2.3. Luminanța 6
   2.4. Iluminarea 7
   2.5. Emitanța luminoasă 8
3. *Surse de lumină* 8
   3.1. Generalități 8
   3.2. Lămpi cu incandescență 9
   3.3. Lămpi cu descărcări în gaze 15
4. *Corpuri de iluminat* 37
   4.1. Generalități 37
   4.2. Caracteristici ale corpurilor de iluminat 39
   4.3. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu incandescență . 41
   4.4. Corpuri de iluminat pentru lămpi fluorescente tubulare 43
   4.5. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu vapori de mercur 46
   4.6. Corpuri de iluminat pentru lămpi cu vapori de mercur și de sodiu 54
5. *Suporturi pentru instalațiile de iluminat public* 56
   5.1. Stîlpi 57
   5.2. Elemente de prindere a corpurilor de iluminat . . 58
6. *Partea electrică a instalațiilor de iluminat public* . . . 63
   6.1. Alimentarea cu energie electrică 63
   6.2. Sisteme de comandă și automatizări 72
7. *Elemente de proiectare a iluminatului public* 80
   7.1. Condiții de calitate pentru iluminatul public . . . 80
   7.2. Echipamentul folosit în instalațiile de iluminat public 86
   7.3. Sisteme folosite în realizarea iluminatului public . 93
   7.4. Metode pentru calculul instalațiilor de iluminat . . 100
8. *Exploatarea și întreținerea instalațiilor de iluminat public* 111
   8.1. Exploatarea instalațiilor de iluminat public 112
   8.2. Întreținerea instalațiilor de iluminat public 114
9. *Măsuri specifice de protecție a muncii în iluminatul public* 121
   9.1. Dotarea echipei de iluminat 122
   9.2. Lucrări executate cu întreruperea totală a tensiunii tuturor circuitelor de pe stîlpii comuni 124

9.3. Lucrări executate cu scoaterea parțială de sub tensiune, numai a circuitelor de iluminat public . . . 125
9.4. Lucrări executate cu rețeaua de iluminat și de distribuție aflate sub tensiune 126
Anexa 1. Funcții trigonometrice folosite la calculul iluminării 128
Anexa 2. Lista principalelor aparate, scule, dispozitive și obiecte de inventar din dotarea formației de iluminat 132
Anexa 3. Orarul de funcționare a iluminatului public și a iluminatului exterior 133
Bibliografie 134

În colecția electricianului

au apărut:

1973

73. M e r e u ț ă C., B r u m ă C. *Exploatarea posturilor de transformare din întreprinderile industriale.*
74. A p t o v S. I., H o m e a k o v V. M. *Întreținerea uleiului electroizolant* (trad. din limba rusă). Ediția a II-a
75. P i e t r ă r e a n u E. *Construcția și exploatarea rețelelor de cabluri din întreprinderile industriale*
76. O r a k a l i e v D. D., D i k o v C. I., H r i s t o v C. H. *Electrocare* (trad. din limba bulgară)
77. A l d e a F., C ă n e s c u S. *Bimetalul și aplicațiile lui în electrotehnică*

1974

78. C r u c e r u C., U r s e a P. *Încercările cablurilor de energie în exploatare.* Ediția a II-a
79. K a m i n s k i E. A. *Cum se citesc schemele instalațiilor electrice* (trad. din limba rusă). Ediția a II-a

1975

80. K e r e k e s I., L o k o d i Z. *Montarea corectă a contoarelor electrice trifazate*
81. M i c u E. *Construcția și exploatarea cuptoarelor electrice de topire din industrie*
82. P i e t r ă r e a n u E. *Tablouri electrice de distribuție de joasă tensiune*

1976

83. C r u c e r u C. *Procedee de localizare a defectelor în rețelele de cabluri de energie*
84. L i s a c e k R. *Rebobinarea micromotoarelor electrice* (trad. din limba cehă)
85. P i e t r ă r e a n u T. M. *Pornirea și protecția motoarelor asincrone trifazate*
86. B o b o c D., S l a p c i u G., P o p e s c u P. *Metode și instalații pentru verificarea instrumentelor electrice de măsurat*

1977

87. G a v r i l ă D. *Verificări, încercări și probe privind montajul și punerea în funcțiune a liniilor electrice.*